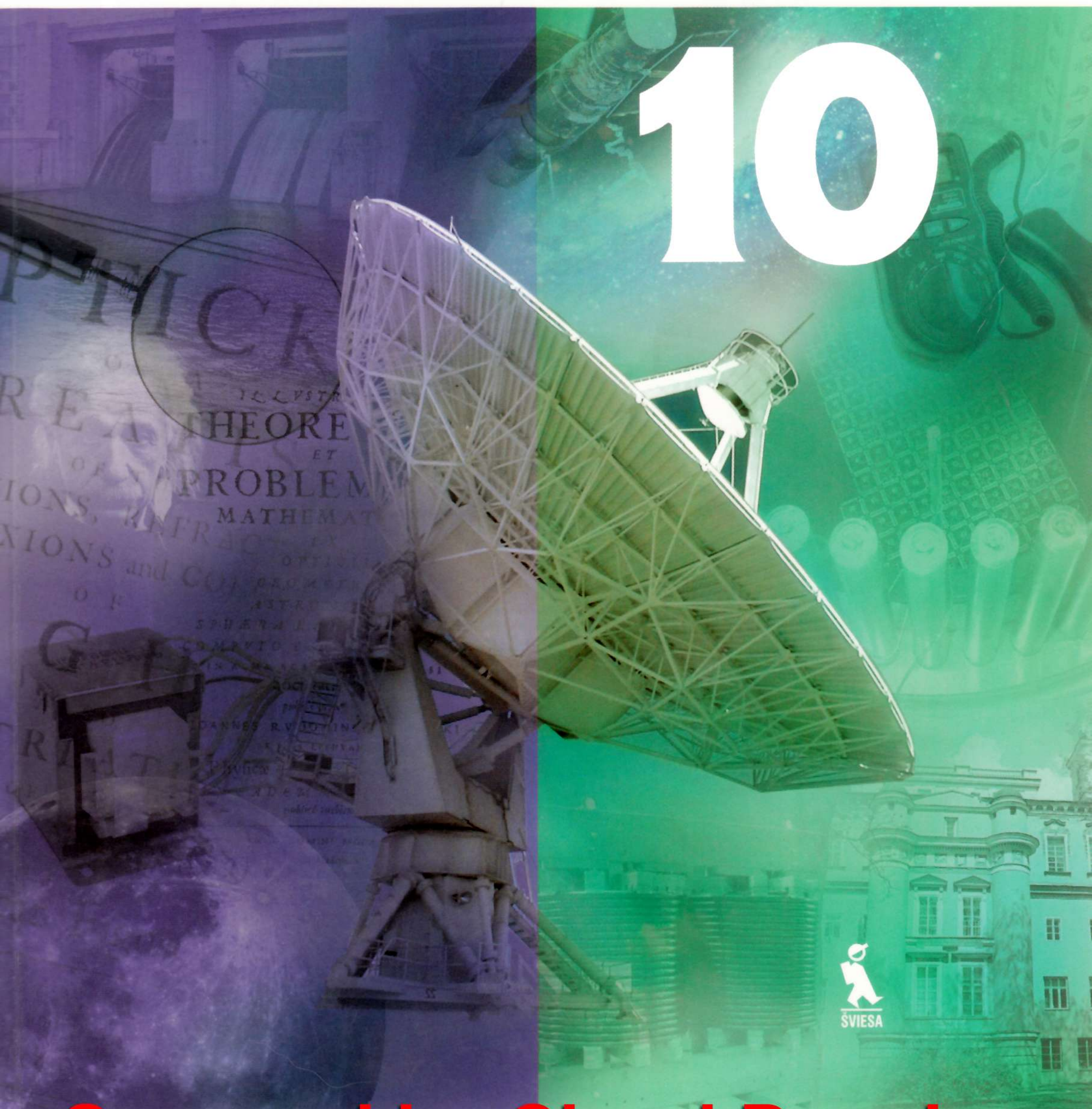
Vladas Valentinavičius

Fizika



Vladas Valentinavičius

Fizika




ŠVIESA KAUNAS

UDK 53(075.3)
Va171

Redaktorė ZITA ŠLIAVAITĖ

Dailininkė VYTAUTĖ ZOVIENĖ

Dizainerė KRISTINA JĖČIŪTĖ

Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos rekomenduota
2006 02 27, Nr. 29

Vadovėlis atitinka kalbos taisyklingumo reikalavimus

Pirmasis leidimas 2007 2006

Visi šio leidimo pakartoti tiražai yra be pakeitimų ir galioja. Pirmasis skaičius rodo paskutinius leidinio tiražavimo metus.

ISBN 5-430-04213-7

Turinys

4. Lęšiai ir optiniai prietaisai

5. Šviesos banginės savybės

6. Atomo sandara

7. Astronomijos pradmenys

Priedai

VII—IX klasės kurso pagrindiniai fizikiniai dydžiai ir dėsniai

Fizikinis dydis	Formulė	Matavimo vienetas
Mẽdžiagos tañkis	$\rho = \frac{m}{V}$	1 kg/m^3
Greĩtis	$v = \frac{s}{t}$	1 m/s
Linijìnis greĩtis	$v = \frac{2\pi R}{T}$	1 m/s
Kampìnis greĩtis	$\omega = \frac{\varphi}{t}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$	1 rad/s
Pãgreitis	$a = \frac{v - v_0}{t}$; $a = \frac{F}{m}$	1 m/s^2
Svyrãvimo (virpesių̃) periòdas	$T = \frac{1}{\nu}$	1 s
Svyrãvimo (virpesių̃) dãžnis	$\nu = \frac{1}{T}$	1 Hz = 1 s^{-1}
Bangõs ilgis	$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$	1 m
Bangõs sklidìmo greĩtis	$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$	1 m/s
Jėgà	$F = ma$	1 N
Jėgõs momeñtas	$M = Fl$	1 N · m
Mechãninis dárbas	$A = Fs$	1 J
Mechãninė galià	$N = \frac{A}{t}$	1 W = 1 J/s
Poteñcinė enèrgija	$E_p = mgh$	1 J
Kinètinė enèrgija	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	1 J
Naudingùmo koeficieñtas	$\eta = \frac{A_n}{A_v} = \frac{A_n}{Q}$	

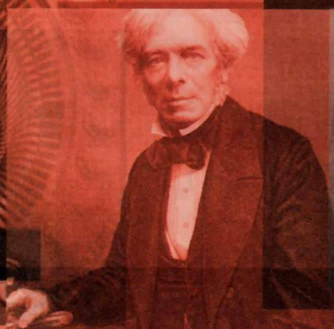
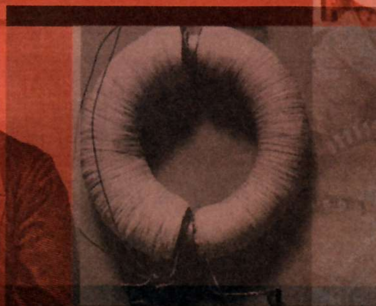
Fizikinis dydis	Formulė	Matavimo vienetas
Slḗgis	$p = \frac{F}{S}$	$1\ \mathrm{Pa} = 1\ \mathrm{N/m^2}$
Archimèdo jėgà	$F_A = \rho_s g V$	1 N
Šilumõs kiẽkis	$Q = cm(t_2 - t_1)$	1 J
Kùro degìmo šilumà	$Q = qm$	1 J
Lýdymosi (kietéjimo) šilumà	$Q = \lambda m$	1 J
Garãvimo (kondensãcijos) šilumà	$Q = Lm$	1 J
Elèktros srovḗs stìpris	$I = \frac{q}{t}$	1 A
Elektrìnė įtampa	$U = \frac{A}{q}$	1 V
Laĩdininko elektrìnė varžà	$R = \rho \frac{l}{S}$	1 Ω
Elèktros srovḗs dárbas	$A = UIt$	1 J = 1 Ws
Elèktros srovḗs galià	$P = UI$	1 W = 1 J/s

Fizikinis dydis	Laidininkų jungimas	
	nuoseklusis	lygiagretusis
Elektros srovės stipris	$I = I_1 = I_2 = \ldots$	$I = I_1 + I_2 + \ldots$
Elektrinė įtampa	$U = U_1 + U_2 + \ldots$	$U = U_1 = U_2 = \ldots$
Elektrinė varža	$R = R_1 + R_2 + \ldots$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$, arba $R = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot \ldots}{R_1 + R_2 + \ldots}$

Paskãlio désnis. Skysčiai ir dujos perduoda išorinį slėgį visomis kryptimis vienodai.

Archimèdo désnis. Skystyje (dujose) panardintą kūną veikia aukštyn jėga, kuri lygi kūno išstumto skysčio (dujų) svoriui.

Òmo désnis. Srovės stipris grandinės dalyje yra tiesiogiai proporcingas tos dalies įtampai ir atvirkščiai proporcingas jos varžai: $I = \frac{U}{R}$.

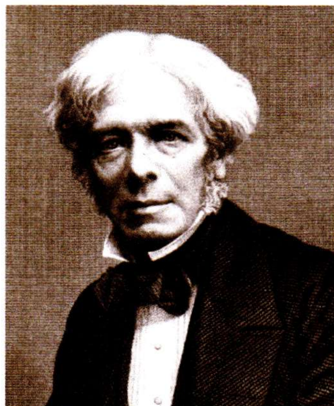





1 Elektromagnetinė indukcija. Kintamoji srovė

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- elektromagnetinės indukcijos reiškiniu, Lenco taisykle;
- elektromagnetinės indukcijos dėsniu;
- indukuotąja elektrovara;
- dešiniosios rankos taisykle;
- saviindukcijos reiškiniu;
- kintamąja elektros srove;
- elektros energijos gavimu ir perdavimu:
  - elektros generatoriais,
  - transformatoriais,
  - elektrinėmis.

1.1. Elektromagnetinė indukcija



MAIKLAS FARADĖJUS (*Michael Faraday*, 1791—1867) — didysis anglų fizikas ir chemikas, daug prisidėjęs kuriant elektromagnetinių reiškinių teoriją. Jis pirmasis pavartojo elektrinio ir magnetinio lauko sąvokas, iškėlė mintį apie elektrinių, magnetinių ir šviesos reiškinių sąryšį. Jo atrastu elektromagnetinės indukcijos reiškiniu grindžiamas visas elektrotechnikos ir radiotechnikos mokslas. Faradėjus buvo puikus eksperimentuotojas — moksliniuose jo dienoraščiuose aprašyta daugiau kaip 16 000 bandymų.

Elektromagnetinės indukcijos reiškinys

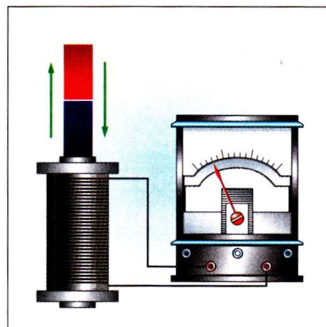
IX klasėje, nagrinėdami elektros srovę, sužinojome, kad aplink laidininką, kuriuo ji teka, yra magnetinis laukas. Kyla klausimas: jei elektros srovė sukuria magnetinį lauką, tai ar neįmanomas atvirkščias reiškinys, t. y. ar magnetinis laukas negali sukelti elektros srovės? Į šį klausimą atsakė didysis anglų mokslininkas Maiklas Faradėjus (*Michael Faraday*), bandymais atradęs (1831 m.) elektromagnetinės indukcijos reiškinį.

1 bandymas. Prie galvanometro gnybtų prijunkime ritę ir į ją iš pradžių kiškime, o paskui iš jos traukime strypinį magnetą (1.1 pav.). Abiem atvejais judant magnetui, galvanometro rodyklė pakrypsta į šoną. Tai rodo, kad rite tuo metu teka elektros srovė, nors jokio galvaninio elemento ar kito srovės šaltinio nėra.

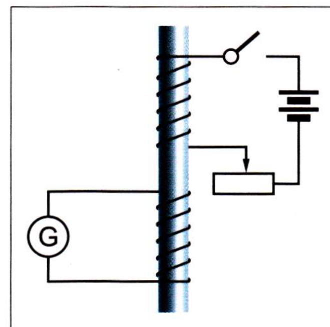
Kai tik magnetas nustoja judėti ritės atžvilgiu, srovė nutrūksta. Vadinasi, srovė teka tol, kol magnetas juda.

2 bandymas. Pakartokime 1 bandymą, tačiau dabar judinkime ne magnetą, o ritę — ją užmaukime ant nejudamo magneto ir numaukime. Vėl matysime, kaip, ritei judant magneto atžvilgiu, galvanometro rodyklė pakrypsta, taigi grandinėje atsiranda elektros srovė.

1.1 pav.



1.2 pav.



Šiuolaikinėmis priemonėmis atlikime bandymą, panašų į tą, kuriuo pradėjo elektromagnetinės indukcijos reiškinį tirti Faradėjus.

3 bandymas. Ant vienos geležinės šerdies užmaukime dvi rites. Pirmąją sujunkime su galvanometru, o antrąją įjunkime į elektros grandinę, sudarytą iš srovės šaltinio, šliaužiklinio reostato ir jungiklio (1.2 pav.). Jungikliu sujunkime ir nutraukime šią grandinę — prie pirmosios ritės prijungto galvanometro rodyklė pakryps. Tą patį galėtume pastebėti ir šliaužikliniu reostatu keisdami elektros srovės stiprį grandinėje.

Atliekant šiuos bandymus, srovės sukurto magnetinio lauko jėgų linijos kirto su galvanometru sujungtos ritės vijas (laidininkus). Kuo daugiau magnetinio lauko jėgų linijų per 1 s kerta laidininką, tuo stipresnė srovė jame atsiranda. Tuo galima įsitikinti, pavyzdžiui, atliekant 1 bandymą — pakanka greičiau kaišioti magnetą į ritę.

Elektros srovės atsiradimas uždarame laidininke, kai jį kerta kintančio magnetinio lauko jėgų linijos, vadinamas elektromagnètinės indùkcijos réiškiniu (lot. *inductio* — paskatinimas). (Tai vienas iš elektromagnetinės indukcijos pasireiškimo atvejų.) Indukcijos būdu sukeliama elektros srovė buvo pavadinta **indukúotąja elèktros srovè**.

Lenco taisyklė

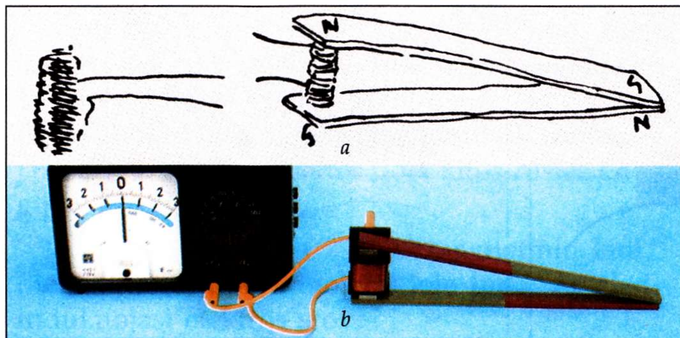
Atlikdami 1 ir 2 bandymą, tikriausiai pastebėjote, kad galvanometro rodyklės nuokrypis tai į vieną, tai į kitą pusę priklauso nuo magneto judėjimo

Tai įdomu !

• *„Paversti magnetizmą elektra" — taip savo dienoraštyje 1821 m. užrašė Faradėjus. Šio tikslo atkakliu darbu mokslininkas siekė net 10 metų, kol pagaliau 1831 m. jam pasisekė.*

• *1.3 paveiksle, a, pavaizduota vieno iš bandymų, padėjusių Faradėjui atrasti elektromagnetinės indukcijos reiškinį, schema. 1.3 paveiksle, b — tas pats bandymas su šiuolaikinėmis priemonėmis.*

1.3 pav.




1.4 pav.

krypties ritės atžvilgiu. Vadinasi, ir indukuotosios elektros srovės kryptis susijusi su magneto judėjimo kryptimi.

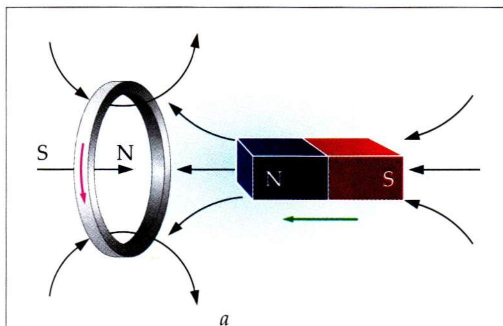
4 bandymas. Pasinaudokime prietaisu, kuris sudarytas iš dviejų aliumininių žiedų (vienas iš jų yra su įpjova), pritvirtintų prie aliumininio strypelio galų. Į strypelio viduryje esantį stiklinį lizdą įstatykime stovelio smaigalį (1.4 pav.). Strypinį magnetą staiga kiškime į žiedą be įpjovos. Žiedas tols nuo magneto. Greitai ištraukdami magnetą, matysime, kad žiedas jį vejasi. Dabar tą patį bandymą pakartokime su perpjautu žiedu. Jis visiškai nereaguos į magneto judėjimą. Kodėl?

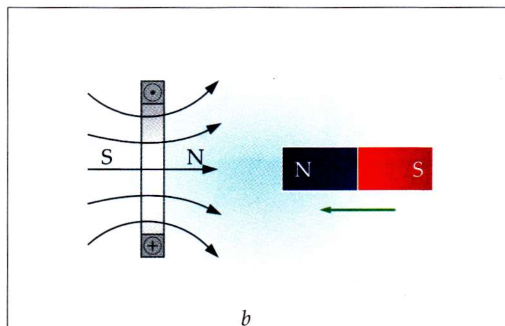
4 bandymo rezultatus galima paaiškinti taip. Magnetą kišant į žiedą be įpjovos šiauriniu poliumi (1.5 pav., *a*), žiedu ima tekėti indukuotoji elektros srovė, kurios magnetinio lauko jėgų linijos yra nukreiptos į šiaurinį magneto polių (1.5 pav., *b*). Taigi žiedas virsta savotišku magnetu. Jo šiaurinis polius yra atgręžtas į strypinio magneto šiaurinį polių. Jau žinome, kad vienavardžiai magnetų poliai vienas kitą stumia, todėl žiedas tolsta nuo magneto. Jis taip pat toltų ir kišant į žiedą pietinį polių.

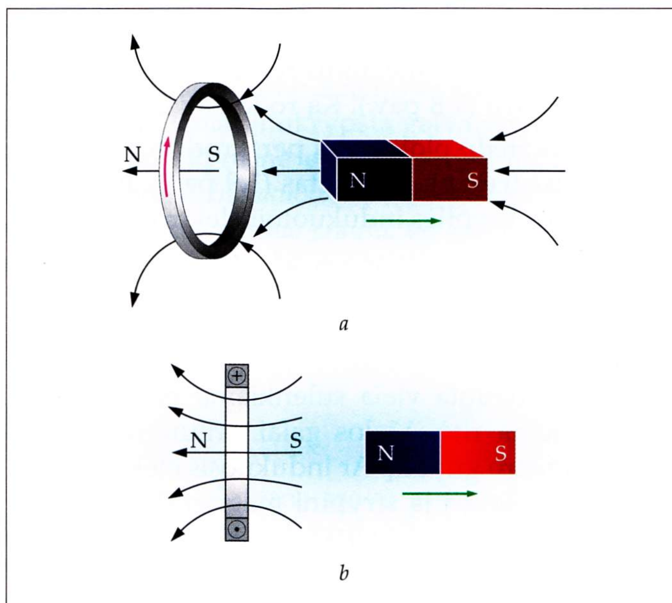
Magnetą traukiant iš žiedo (1.6 pav., *a*), indukuotoji elektros srovė teka tokia kryptimi, kad jos magnetinio lauko jėgų linijos yra nukreiptos nuo tolstančio magneto, todėl į strypinį magnetą atgręžtas pietinis polius (1.6 pav., *b*). Šiuo atveju įvairiavardžiai magnetų poliai vienas kitą traukia ir žiedas vejasi magnetą.

Perpjautas žiedas, atliekant bandymą, nevirsta magnetu — indukuotoji elektros srovė jame neatsiranda, nes grandinė atvira.

1.5 pav.







1.6 pav.

Apskritai indukuotosios elektros srovės kryptį uždarame laidininke galima sužinoti remiantis taisykle, kurią 1834 m. nustatė įžymus rusų fizikas ir elektrotechnikas E m i l i j u s L e n c a s (*Emil Lenz*, 1804—1865). Ji vadinama **Leñco taisyklė** ir formuluojama taip: **indukuotoji elektros srovė visada teka tokia kryptimi, kad jos sukurtas magnetinis laukas priešinasi priežasčiai, sukėlusiai šią srovę.** Lenco taisyklę galima formuluoti dar ir taip: **jei magnetinis laukas, kuriame yra uždaras laidininkas, stiprėja, indukuotoji srovė sužadina priešingos krypties magnetinį lauką, jei silpnėja — tos pačios krypties lauką.**

Užduotys

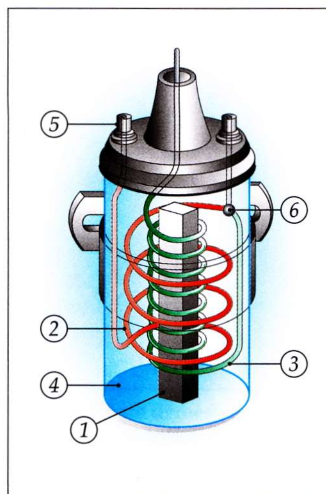
1. Atliekant šio skyrelio 1 ir 2 bandymą, ritėje indukavosi elektros srovė. Ji, kaip ir kiekviena kita srovė, turi energijos. Pagal energijos tvermės dėsnį elektros energiją galima gauti tik sunaudojant tam tikrą kiekį kurios nors kitos rūšies energijos. Kokios?

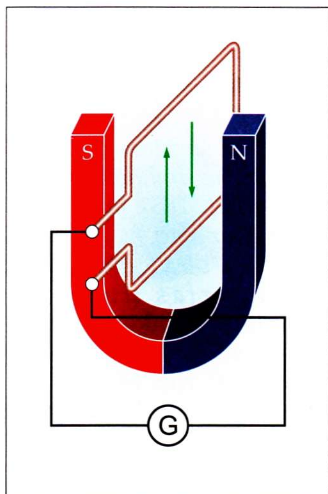
2. Vielos žiedas yra Žemės magnetinio lauko dienovidinio plokštumoje ir joje juda. Ar žiede indukuojasi elektros srovė?

Tai įdomu

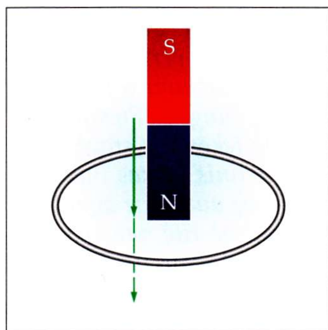
• *Žemosios įtampos srovei keisti aukštosios įtampos srove naudojamas įtaisas, vadinamas* ***indùkcine ritè*** *(1.7 pav.). 1851 m. ją išrado prancūzų mokslininkas H e i n r i c h a s D a n i e l i s R u m k o r f a s* (Heinrich Daniel Ruhmkorff), *todėl ji kartais dar vadinama Rumkorfo rite. Ši ritė turi magnetinę šerdį 1 su dviem apvijomis: pirmine 2 ir antrine 3. Šerdis su abiem apvijomis įdėta į korpusą 4, kurio išorėje yra du gnybtai 5. Jais prie pirminės apvijos prijungiamas srovės šaltinis su jungikliu. Šis periodiškai sujungia ir pertraukia grandinę. Skaičiumi 6 pažymėta apvijų jungtis. Pirmine apvija tekančios srovės magnetinis laukas indukuoja srovę antrinėje apvijoje. Indukcinė ritė naudojama vidaus degimo variklių uždegimo sistemoje ir kitur.*

1.7 pav.





1.8 pav.



1.9 pav.

3. Tarp pasagiškojo magneto polių aukštyn ir žemyn judinamas metalinis rėmelis, sujungtas su galvanometru (1.8 pav.). Ką rodo galvanometras?

4. Vielos žiedo plokštumą perskrodžia iš viršaus krintantis strypinis magnetas (1.9 pav.). Nurodykite, kurios krypties indukuotoji elektros srovė atsiranda žiede.

5. Tarp stipraus pasagiškojo magneto polių greitai sukamas iš vielos padarytas žiedas. Kodėl jis įkaista?

6. Ilga izoliuota viela sulenkiama perpus ir ja apvyniojama ritė. Vielos galai prijungiami prie galvanometro gnybtų. Ar indukuosis elektros srovė ritėje, kišant į ją strypinį magnetą?

7. Grandine nustojus tekėti elektros srovei, dalis krovinio neatšoko nuo keliamojo krano elektromagneto polių. Paleidus elektromagneto apvija silpną priešingos krypties srovę, krovinys nukrito. Paaiškinkite kodėl.

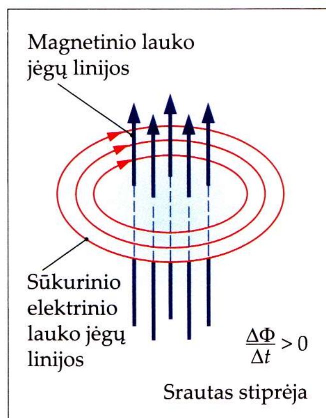
1.2. Elektromagnetinės indukcijos dėsnis

Indukuotosios srovės stipris

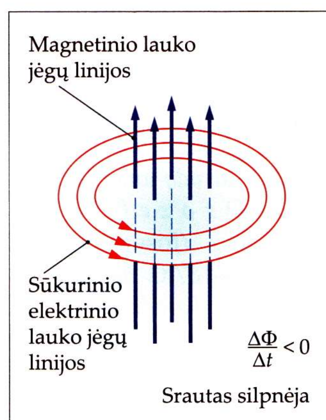
Atliekant bandymus, kurių metu ritėje buvo indukuota elektros srovė (žr. 1.1 skyrelio 1—3 bandymą), su galvanometru sujungtos ritės vijas kirsdavo srovės sukurto magnetinio lauko jėgų linijos. Jų skaičius apibūdina fizikinį dydį, vadinamą **magnètiniu srautù**. Fizikoje jį įprasta žymėti graikiška raide Φ (tariama fi). Judinant magnetą ritės atžvilgiu (arba atvirkščiai — ritę magneto atžvilgiu), tas srautas kinta. Per trumpą laikotarpį Δt jis pakinta dydžiu $\Delta\Phi$. Taigi magnetinio srauto kitimo greitis lygus $\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Atlikdami bandymus, įsitikinome: kuo stipresnį magnetą kaišiojame į ritę (pavyzdžiui, vieną strypinį magnetą pakeičiame dviem) ar kuo greičiau jį judiname, tuo labiau nukrypsta galvanometro rodyklė, taigi tuo stipresnė elektros srovė indukuojama ritėje. Vadinasi, *indukuotosios elektros srovės stipris yra proporcingas magnetinio srauto, veriančio uždaro laidininko ribojamą plotą, kitimo greičiui:*

$$I \sim \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$



1.10 pav.



1.11 pav.

Sūkurinis elektrinis laukas

Indukuotoji elektros srovė atsiranda uždarame laidininke, kai jis yra kintančiame magnetiniame lauke. Tačiau magnetinis laukas tiesiogiai negali priversti elektronų judėti (jis veikia tik judančius krūvininkus). **Nejudančiame laidininke elektronus judėti verčia elektrinis laukas, atsiradęs kintant magnetiniam laukui.** Jis yra kitokios prigimties negu mūsų IX klasėje nagrinėtas elektrinis laukas — šį lauką kuria laiko atžvilgiu kintantis magnetinis laukas. Tai **sūkurìnis elektrìnis laũkas**, kurio jėgų linijos, kitaip negu jau žinomo elektrinio lauko, yra uždaros (1.10 pav. ir 1.11 pav.).

Indukuotoji elektrovara

Žinome, kad uždaroje grandinėje elektros srovė atsiranda veikiant elektriniam laukui, kurį sukuria srovės šaltinis. Jame, perskirdamos elektringąsias daleles, darbą atlieka įvairios prigimties jėgos: cheminės, mechaninės ir kt. Pavyzdžiui, galvaniniame elemente veikia cheminės jėgos. Jų poveikį apibūdina fizikinis dydis, vadinamas **elektróvara**. Fizikoje ji paprastai žymima raide E[1]. Uždaroje grandinėje elektrovara lygi darbo, kurį atlieka minėtos jėgos, perkeldamos krūvininką šaltinio viduje priešinga elektrinio lauko veikimui kryptimi, ir krūvio santykiui:

$$E = \frac{A}{q}.$$

[1] Atkreipkite dėmesį, kad ta pačia raide žymėjome ir elektrinio lauko stiprį, nors jie yra skirtingi fizikiniai dydžiai.

Mūsų atliktų bandymų metu kintant ritę (t. y. uždarą laidininką) veriančiam magnetiniam srautui, ritėje atsirado elektringąsias daleles perskiriančios jėgos (elektrinės kilmės), kurių poveikį nusako **indukúotoji elektróvara**.

Nuo ko priklauso jos didumas? Matavimai, atlikti su įvairiais laidininkais, rodo, kad

uždarame laidininke indukuota elektrovara yra tiesiogiai proporcinga magnetinio srauto kitimo greičiui:

$$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Šis teiginys vadinamas **elektromagnètinės indùkcijos dėsniu.**

Indukuotosios elektrovaros ženklas nustatomas pagal Lenco taisyklę: kai magnetinis srautas, kertantis uždaro laidininko ribojamą plotą, stiprėja $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0\right)$, indukuotoji elektrovara E yra neigiama, kai silpnėja $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0\right)$ — teigiama.

Jeigu ritė turi ne vieną, o n nuosekliai sujungtų vijų, tai ritėje indukuota elektrovara yra n kartų didesnė negu vienoje vijoje, t. y. lygi $E = -n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Elektrovaros matavimo vienetas yra *vòltas* (toks pat kaip elektrinės įtampos):

$$[E] = 1 \text{ V}.$$

Remiantis elektromagnetinės indukcijos dėsniu, galima apibrėžti magnetinio srauto Φ matavimo vienetą — *vėberį*, taip pavadintą pagerbiant vokiečių fiziką V i l h e l m ą V ė b e r į (*Wilhelm Weber*, 1804—1891). Uždaro laidininko ribojamą plotą veriantis magnetinis srautas lygus vienam vėberiui, jei, šiam srautui išnykstant per vieną sekundę, laidininke indukuojama vieno volto elektrovara. Vėberis žymimas simboliu Wb. Taigi

$$[\Phi] = 1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ s}.$$

Tai įdomu !

- *Amerikiečiai mano, kad elektromagnetinės indukcijos reiškinį anksčiau už Maiklą Faradėjų atrado amerikiečių fizikas D ž o z e f a s H e n r i s* (Joseph Henry, *1797—1878), tačiau, kitaip negu Faradėjus, savo atradimo nepaskelbė spaudoje.*
- *Indukuotoji elektros srovė paprastai teka uždarąją grandinę sudarančiais laidininkais (ritėmis, laidais ir kt.). Tačiau ji gali atsirasti ir laidžiuose kūnuose, kurie yra kintamajame magnetiniame lauke. Jei tokių kūnų varža maža, srovė kartais gali būti labai stipri ir netgi įkaitinti kūnus. Dėl jos poveikio įkaista generatorių ar variklių metalinės dalys. Šios srovės buvo pavadintos sūkurìnėmis arba Fukò srovėmìs. 1855 m. jas ištyrė prancūzų mokslininkas L e o n a s F u k o* (Leon Foucault, *1819—1868*).

Užduotys

1. Viją kertantis magnetinis srautas per 0,5 s pakito $5 \cdot 10^{-4}$ Wb. Apskaičiuokite vijoje indukuotą elektrovarą.

2. Uždaro laidininko ribojamą plotą kertantis magnetinis srautas per 0,2 s susilpnėjo nuo 3 Wb iki 1 Wb. Apskaičiuokite laidininke indukuotą elektrovarą.

3. Ritė turi 400 vijų. Vienos vijos ribojamą plotą veriantis magnetinis srautas per 0,2 s pakito nuo 0,1 Wb iki 0,9 Wb. Kokio dydžio elektrovara indukavosi ritėje?

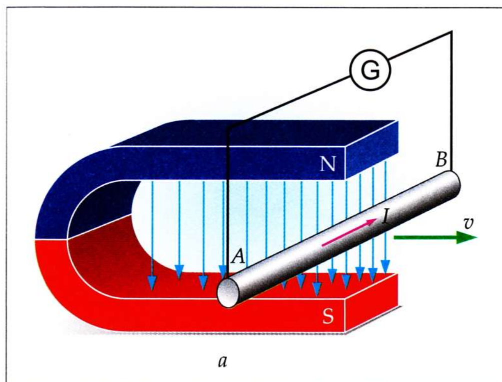
4. 6000 vijų rite gauta 12 kV indukuotoji elektrovara. Kokiu greičiu kito ritę veriantis magnetinis srautas?

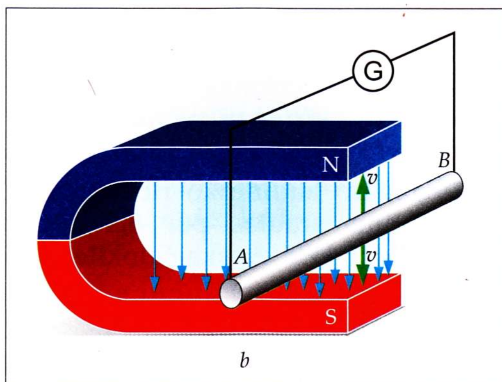
5. 0,15 Wb/s greičiu kintantis magnetinis srautas sužadino ritėje 120 V elektrovarą. Nustatykite, kiek vijų turi ši ritė.

1.3. Judantis laidininkas magnetiniame lauke

IX klasėje sužinojome, kad magnetiniame lauke esantį laidininką, kuriuo teka elektros srovė, veikia jėga (jos kryptį galima nustatyti pagal kairiosios rankos taisyklę). Šiuo reiškiniu pagrįstas elektros variklių, kurie elektros energiją paverčia mechanine energija, veikimas. O kokiu principu veikia šiuolaikiniai elektros generatoriai, mechaninę energiją verčiantys elektros energija? Atlikime bandymą, kuris padės atsakyti į šį klausimą.

Bandymas. Su jautriu galvanometru sujungtos laidžios svyruoklės tiesų laidininką *AB* pakabinkime tarp pasagiškojo magneto polių (1.12 pav., *a*) ir staiga pajudinkime statmenai magnetinio lauko jėgų linijoms. Galvanometro rodyklė pakryps. Vadinasi, grandine pratekės trumpalaikė indukuotoji elektros srovė.





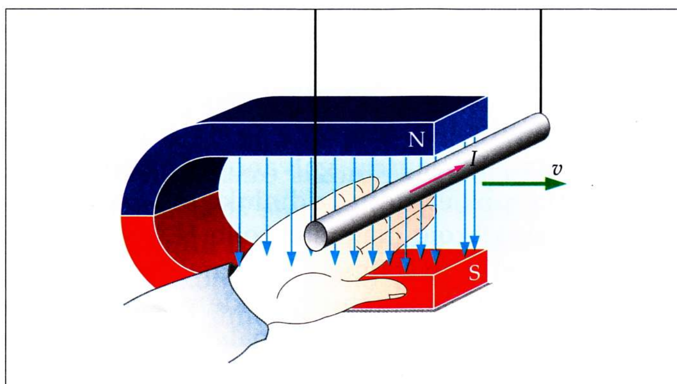
1.12 pav.

Jei laidininko *AB* nejudinsime arba jį stumdysime tarp magneto polių lygiagrečiai su jo magnetinio lauko jėgų linijomis (1.12 pav., *b*), galvanometro rodyklė nepakryps — elektros srovė laidininke neatsiras.

Norint sužinoti srovės, kuri indukuojasi laidininke, kai jis juda magnetiniame lauke, kryptį, patogu remtis vadinamąja **dešiniõsios rañkos taisyklè.** Ji formuluojama šitaip: **jei dešiniosios rankos delną laikysime taip, kad magnetinės linijos eitų į delną, o 90° kampu ištiestas nykštys rodytų laidininko judėjimo kryptį, tai kiti keturi ištiesti pirštai rodys indukuotosios elektros srovės kryptį** (1.13 pav.).

Šią taisyklę pasiūlė anglų fizikas D ž o n a s F l e m i n g a s (*John Fleming*), todėl kai kuriuose vadovėliuose ji vadinama Flèmingo taisyklè.

1.13 pav.



Užduotys

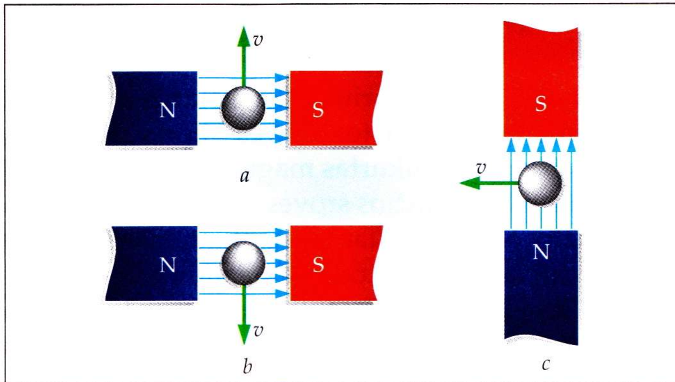
1. 1.14 paveiksle pavaizduoti magnetų poliai ir tarp jų esančio laidininko skerspjūvis. Rodyklė v rodo, kuria kryptimi juda laidininkas. Nustatykite kiekviename laidininke indukuotos elektros srovės kryptį.

2. 1.15 paveiksle pavaizduoti magnetų poliai, tarp jų esančio laidininko skerspjūvis, taip pat pažymėta indukuotosios srovės kryptis kiekviename laidininke. Nurodykite magnetų polius.

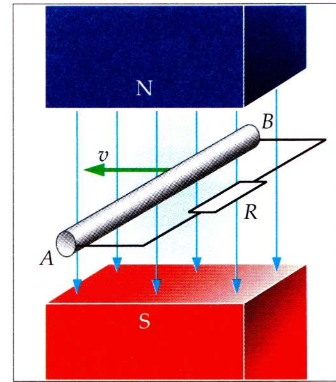
3. Nurodykite laidininke *AB* (1.16 pav.) indukuotos elektros srovės kryptį.

4. Laidininkas *AB* juda tarp magneto polių greičiu v (1.17 pav.). Kuris magneto polius yra šiaurinis, o kuris — pietinis?

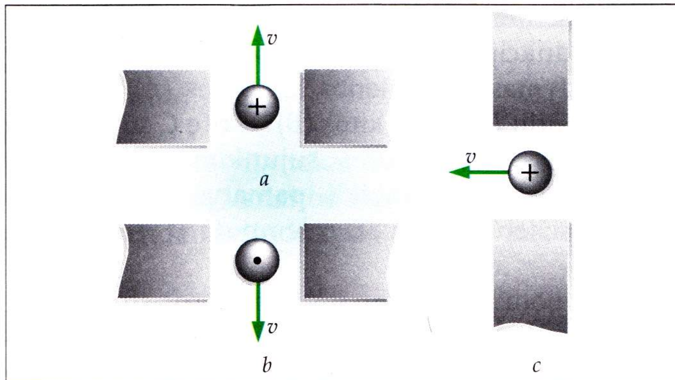
1.14 pav.



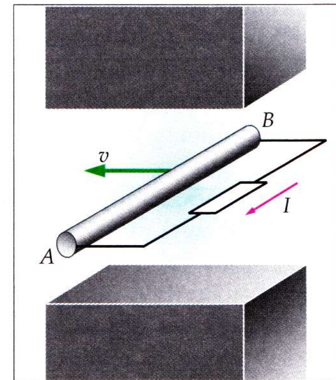
1.16 pav.

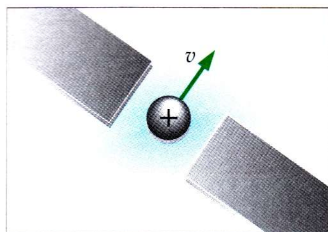


1.15 pav.



1.17 pav.





1.18 pav.

5. Laidininkas juda tarp magneto polių greičiu v (1.18 pav.). Nurodykite, kuris magneto polius yra šiaurinis, o kuris — pietinis.

6. Ritę veriantis magnetinis srautas per 2 s pakinta 100 mWb, indukuodamas joje 5 V elektrovarą. Kiek vijų turi ši ritė?

7. Kai kurie elektros srovės matuokliai turi stabdį, reikalingą svyruojančiai jų rodyklei greičiau sustabdyti. Stabdį sudaro pãsagiškasis magnetas ir tarp jo polių besisukantis aliumininis skritulys. Kodėl rodyklė nusistovi greičiau, kai skritulys sukasi didesniu greičiu?

1.4. Saviindukcija

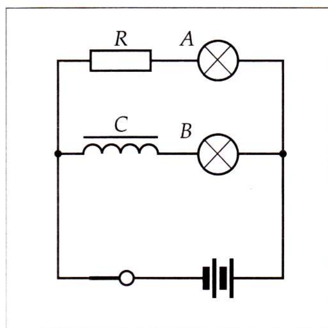
Saviindukcijos reiškinys

Aplink laidininką, kuriuo teka elektros srovė, yra magnetinis laukas. Jei tos srovės stipris pastovus, tai nesikeičia ir jos sukurtas magnetinis laukas. Kintant laidininku tekančios srovės stipriui, magnetinis laukas taip pat kinta. Tačiau šis kintamasis laukas veria ir patį laidininką, todėl jame indukuojasi elektrovara (žr. 1.2 skyrelį). **Indukuotosios elektrovaros atsiradimas grandinėje kintant ja tekančios srovės stipriui vadinamas saviindùkcijos réiškiniu.** Šitokiu būdu indukuota elektrovara vadinama **saviindùkcine elektróvara**, o jos sukelta elektros srovė — **saviindùkcine srovè**.

Saviindukcija labai ryški ritėse.

1 bandymas. Prie vienos lemputės (A) prijunkime rezistorių R, o prie kitos (B) — ritę C su geležine šerdimi ir abi lemputes sujunkime lygiagrečiai (1.19 pav.). Įjungę jungiklį, pamatysime, kad lemputė A įsižiebia tuoj pat, o lemputė B — šiek tiek vėliau.

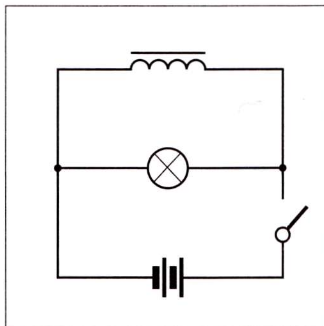
1.19 pav.



Ritės vijomis pradėjus tekėti elektros srovei, kartu su ja atsiranda ir ritę veriantis magnetinis srautas. Srovei stiprėjant, jis taip pat stiprėja. Dėl to

pagal Lenco taisyklę vijose indukuojama priešingos krypties (priešpriešinė) elektrovara. Ji lėtina srovės stiprėjimą grandinėje, todėl lemputė *B* įsižiebia vėliau negu lemputė *A*. Kai srovė ritėje pasiekia pastovų didumą, magnetinis srautas nustoja kisti ir saviindukcinė elektrovara pasidaro lygi nuliui.

2 bandymas. Sudarykime elektros grandinę iš srovės šaltinio, jungiklio, lemputės ir lygiagrečiai su ja sujungtos ritės, į kurią įdėta geležinė šerdis (1.20 pav.). Įjungus jungiklį, lemputė šviečia normaliai. Nutraukus grandinę, srovė staiga susilpnėja ir lemputė turėtų iš karto užgesti. Tačiau dabar ji pasidaro nuosekliai sujungta su rite, kurioje silpnėjančios srovės magnetinis laukas sukuria srovę, palaikančią saviindukcinę elektrovarą (Lenco taisyklė). Ritė tampa srovės šaltiniu ir neleidžia nusilpti lempute tekančiai srovei. Ši gali būti daug stipresnė už sujungta grandine tekėjusią srovę. Dėl to, išjungus jungiklį, lemputė iš pradžių ryškiai blyksteli (kartais net perdega), paskui lėtai užgęsta.



1.20 pav.

Induktyvumas

Saviindukcinė elektrovara yra proporcinga ritės vijas veriančio magnetinio srauto kitimo greičiui. Tačiau, kaip žinome, elektros srovės kuriamas magnetinis srautas tiesiogiai proporcingas rite tekančios srovės stipriui. Vadinasi, magnetinio srauto kitimo greitis $\left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right)$ susijęs su tą srautą kuriančios srovės stiprio kitimo greičiu $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$.

Jei kinta ritės vija tekančios elektros srovės stipris, o kartu ir ją veriantis magnetinis srautas, tai vijoje atsiranda saviindukcinė elektrovara, kuri lygi

$$E = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Tai įdomu !

- *Dėl saviindukcijos, išjungiant grandinę, jungikliuose gali šokti kibirkštis. Dėl to grandinėms su galingais elektromagnetais sujungti naudojami alyviniai jungikliai.*
- *Saviindukcijos reiškinį elektros grandinėse galima palyginti su inercija mechanikoje. Neįmanoma staiga padidinti kokio nors kūno greičio nuo nulio iki tam tikros vertės, taip pat akimirksniu sustabdyti judantį kūną, nors ir veikiamą didelės jėgos. Panašūs reiškiniai vyksta ir elektros grandinėje. Grandinės sujungimo momentu srovės stipris ne iš karto įgyja didžiausią savo vertę, bet didėja tolygiai. Nutraukus grandinę, jis irgi ne tuoj pat sumažėja iki nulio.*

Proporcingumo koeficientas L vadinamas ritės **induktyvumù**. Jo matavimo vienetas yra *hènris* (žymimas H), taip pavadintas pagerbiant jau minėtą JAV fiziką Džozefą Henrį:

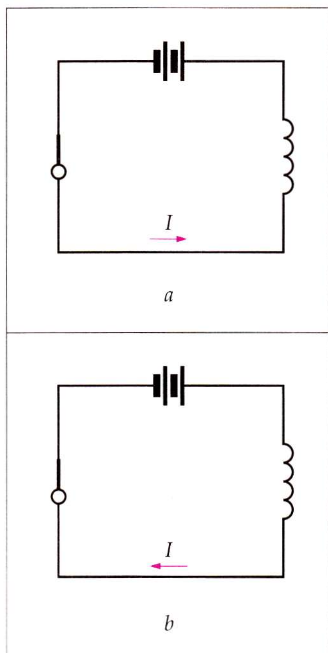
$$[L] = 1\ \mathrm{H} = 1\ \frac{\mathrm{V \cdot s}}{\mathrm{A}}.$$

Laidininko (ritės, grandinės ir kt.) induktyvumas lygus 1 H, jei, srovės stipriui per 1 s pakitus 1 A, laidininke atsiranda 1 V saviindukcinė elektrovara. Praktikoje, be henrio, vartojamas ir dalinis induktyvumo vienetas — *milihènris* (mH):

$$1\ \mathrm{mH} = 0{,}001\ \mathrm{H} = 10^{-3}\ \mathrm{H}.$$

Laidininko induktyvumas priklauso nuo laidininko matmenų ir formos, taip pat nuo terpės magnetinių savybių. Antai ritės induktyvumas priklauso nuo jos matmenų ir vijų skaičiaus: kuo daugiau vijų turi ritė, tuo didesnis jos induktyvumas. Į ritę įkišus geležinę šerdį, ritės induktyvumas smarkiai padidėja.

1.21 pav.



Užduotys

1. 1.21 paveiksle (*a* ir *b*) parodyta sujungiama arba išjungiama nuosekliąja grandine tekančios saviindukcinės elektros srovės kryptis. Kuri grandinė vaizduoja sujungimo, o kuri — išjungimo momentą?

2. Per 0,1 s srovės stipriui ritėje pakitus nuo 5 A iki 10 A, atsirado 20 V saviindukcinė elektrovara. Koks yra ritės induktyvumas?

3. Kokiu greičiu kito srovės stipris 0,4 H induktyvumo ritėje, kurioje atsirado 120 V saviindukcinė elektrovara?

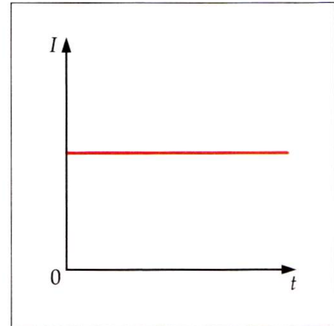
4. Kokio dydžio saviindukcinė elektrovara sužadinama 2,5 mH induktyvumo ritėje, kai srovės stipris joje per 0,025 s pakinta 2 A?

5. Reostatu 100 A/s greičiu stiprinama rite tekanti srovė. Ritės induktyvumas 200 mH. Apskaičiuokite saviindukcinę elektrovarą.

1.5. Kintamoji elektros srovė

Nuolatinė elektros srovė

Jau esame susipažinę su elektros srove, kurios stipris ir kryptis ilgainiui nekinta (1.22 pav.). Tokia srovė vadinama **nuolatinė**. Ji gana plačiai taikoma įvairiose technikos srityse: ryšio, automatikos ir signalizacijos įrenginiuose, troleibusuose, elektrometalurgijoje ir t. t. Vis dėlto praktikoje dažniau naudojama kintamoji elektros srovė (gyvenamųjų namų apšvietimo tinkle, gamyklose ir kt.). Kokia tai srovė ir kuo ji skiriasi nuo nuolatinės?



1.22 pav.

Kintamoji elektros srovė

Kintamąja vadinama tokia elektros srovė, kurios stipris ir kryptis periodiškai kinta. Elektrinėse schemose ir ant prietaisų korpusų ji žymima simboliu ~.

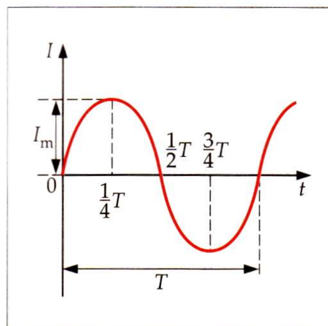
Apie periodiškai kintančius procesus, kaip antai mechaninį svyravimą, jau esame girdėję žemesnėse klasėse. Žinome, kokiais fizikiniais dydžiais juos galima apibūdinti. Tie patys dydžiai nusakys ir kintamąją elektros srovę. Prisiminkime juos (jei primiršote, žvilgtelėkite į vadovėlio pradžioje pateikiamą lentelę).

• Kintamosios srovės **peri̇̀odas** — trumpiausias laikas T, po kurio pasikartoja srovės kryptis ir stipris.

• Kintamosios srovės **dãžnis** ν yra periodui atvirkščias dydis:

$$\nu = \frac{1}{T}.$$

Jis rodo, kiek srovės kitimo ciklų įvyksta per 1 s. Srovės dažnio matavimo vienetas yra *hèrcas* (Hz): $[\nu] = 1\ \text{Hz} = 1\ \text{s}^{-1}$.



1.23 pav.

Lietuvoje buities ir pramonės reikmėms naudojamos kintamosios srovės dažnis lygus 50 Hz. Tai reiškia, kad jos periodas yra $\frac{1}{50}$ s. Kitaip tariant, per 1 s srovė 50 kartų teka viena kryptimi ir 50 kartų priešinga kryptimi.

Kintamosios srovės stiprio kitimą laikui bėgant galima pavaizduoti grafiškai (1.23 pav.). Per pirmąjį periodo ketvirtį srovė sustiprėja nuo nulinės iki didžiausios vertės I_m. Ši vertė vadinama **amplitùdine vertè**, arba **amplitudè** (lot. *amplitudo* — erdvumas, platumas). Antrąjį ketvirtį srovė silpnėja ir jo pabaigoje visai nustoja tekėti. Trečiąjį ketvirtį stiprėdama ji teka priešinga kryptimi, o pasiekusi didžiausią vertę, paskutinį periodo ketvirtį silpnėja ir trumpam vėl pasidaro lygi nuliui. Toliau srovės kitimas periodiškai kartojasi.

Kintamosios srovės stipris gali būti matuojamas pagal jos sukeliamą šiluminį poveikį, kuris nepriklauso nuo srovės krypties. Atitinkamo stiprio nuolatinė srovė gali įšildyti laidininką tiek pat, kiek ir kintamoji. Tokią kintamosios srovės stiprio vertę sutarta vadinti efektine. **Efèktinė** srovẽs stiprio **vertẽ** lygi stipriui tokios nuolatinės srovės, kuri tame pačiame laidininke per tą patį laiką išskiria tiek pat šilumos, kiek ir kintamoji. Nustatyta, kad kintamosios srovės stiprio efektinė vertė I yra $\sqrt{2}$ karto mažesnė už amplitudinę vertę I_m:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}707 I_m.$$

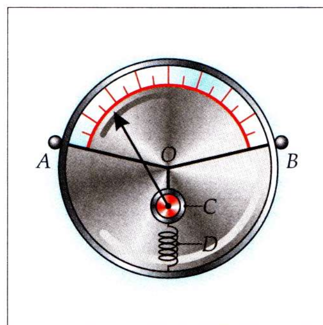
Kintamosios įtampos efektinė vertė taip pat $\sqrt{2}$ karto mažesnė už didžiausią (amplitudinę) jos vertę U_m:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}707 U_m.$$

Kintamosios srovės stiprį ir įtampą matuojantys prietaisai, kurių veikimas pagrįstas šiluminiu srovės poveikiu, rodo efektines šių dydžių vertes.

Šiluminis ampermetras

Kintamosios srovės stipriui matuoti naudojamas šilumìnis ampermètras. Jo veikimo principas pavaizduotas 1.24 paveiksle. Svarbiausia tokio ampermetro dalis — plona vielutė *AB*. Prie jos per vidurį pritvirtinta kita vielutė *OC*. Pastaroji apsukta aplink ampermetro rodyklės skridinėlį ir sujungta su spyruokle *CD*, traukiančia vielutę *OC* žemyn.



1.24 pav.

Kintamoji srovė, tekėdama tokio prietaiso vielute *AB*, ją įkaitina, ir ši dėl to pailgėja. Spyruoklė *CD* traukia vielutę *OC*, taigi ir su ja sujungtą vielutę *AB*, žemyn, kartu pasukdama prietaiso rodyklę. Pagal iš anksto sugraduotą skalę nustatoma kintamosios srovės stiprio efektinė vertė.

Šiluminį ampermetrą galima paversti voltmetrù. Tereikia prie jo nuosekliai prijungti rezistorių.

Užduotys

1. Kodėl pradeda virpėti kintamąja elektros srove maitinamos degančios lemputės kaitinamasis siūlas, kai prie lemputės priartinamas stiprus magnetas?

2. Kodėl, matuojant kintamosios srovės stiprį, nesiremiama cheminiu srovės poveikiu?

3. Kodėl apšvietimui netinka mažo dažnio, pavyzdžiui, 10—12 Hz, kintamoji srovė?

4. Apskaičiuokite Lietuvoje gaminamos kintamosios srovės periodą.

5. JAV ir Japònijoje gaminama 60 Hz dažnio kintamoji srovė. Apskaičiuokite jos periodą.

6. Kiek amperų rodys į kintamosios srovės grandinę įjungtas ampermetras, kai didžiausia srovės stiprio vertė lygi 14,2 A?

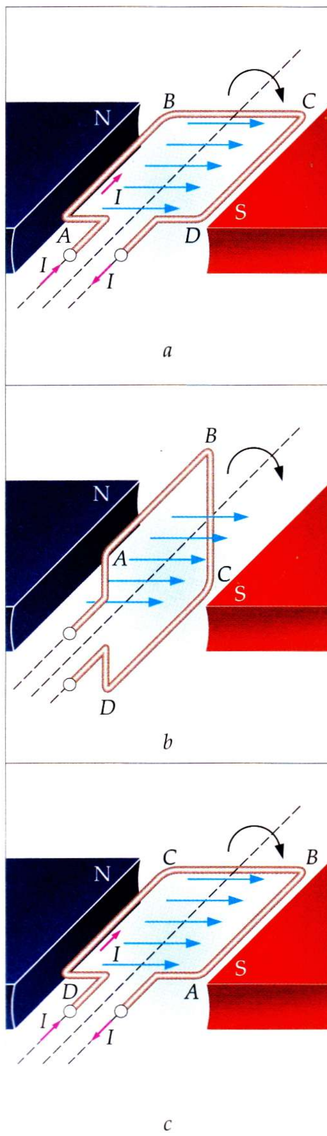
7. Apšvietimo tinklo įtampos efektinė vertė lygi 220 V. Kokiai įtampai turi būti apskaičiuota laidų izoliacija?

1.6. Elektros generatoriai

Elektros srovės gavimas

Kalbėdami apie elektros srovę, jau užsiminėme apie jos šaltinius: galvaninius elementus, akumuliatorius. Minėjome ir elektros mašinas. Taigi elektros srovė (kintamoji ir nuolatinė) gaunama **elèktros generãtoriais** (lot. *generator* — kūrėjas, gamintojas) — mašinomis, kurios mechaninę ar kitokią energiją paverčia elektros energija. Jų veikimas pagrįstas elektromagnetinės indukcijos dėsniu.

1.25 pav.



Kintamosios srovės generatorius

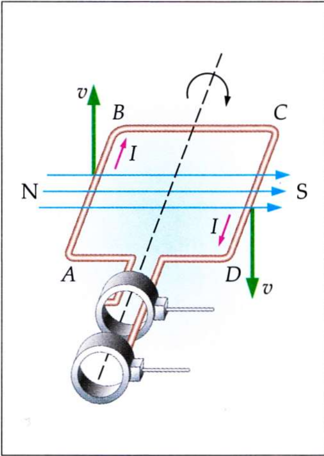
Kintamõsios srovė̃s generãtoriai gali būti įvairiausių konstrukcijų, tačiau visada turi laidininkus, kuriuos veria kintamasis magnetinis srautas. Paprasčiausio generatoriaus modelis yra tarp magneto polių sukamas vielinis rėmelis (tikrame generatoriuje jų būna daug). Sukant rėmelį, jame indukuojama kintamoji elektros srovė. Išnagrinėkime, kaip tai vyksta.

Rėmeliui atsidūrus pirmoje padėtyje (1.25 pav., *a*), jo plokštuma yra lygiagreti su magnetinio lauko jėgų linijomis ir rėmelį veriantis magnetinis srautas lygus nuliui ($\Phi = 0$). Tačiau kai sukamo rėmelio kraštinės *AB* ir *CD* eina per šią padėtį, rėmelio ribojamą plotą veriančio magnetinio srauto kitimo greitis yra didžiausias $\left(\frac{\Delta\Phi_{max}}{\Delta t}\right)$. Rėmelyje indukuota srovė *I* įgyja didžiausią vertę, o jos kryptis nustatoma pagal dešiniosios rankos taisyklę.

Rėmelį sukant toliau, indukuotoji elektros srovė pradeda silpnėti, tačiau jos kryptis nesikeičia. Kai rėmelis atsiduria antroje padėtyje, t. y. kai jo plokštuma pasidaro statmena magnetinio lauko jėgų linijoms (1.25 pav., *b*), indukuotoji srovė nebeteka, nors

rėmelio plokštumą veria didžiausias magnetinis srautas Φ_{max}. Mat srauto pokytis tada lygus nuliui $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=0\right)$.

Rėmeliui pereinant iš antros padėties į trečią padėtį, indukuotoji srovė ima stiprėti, o jos kryptis dalyse *AB* ir *CD* pasikeičia priešinga (1.25 pav., *c*). Kai rėmelis atsiduria trečioje padėtyje, jame indukuota priešingos krypties srovė pasiekia didžiausią vertę. Toliau sukant rėmelį, ji teka ta pačia kryptimi silpnėdama iki nulio, paskui, pakeitusi kryptį, vėl pradeda stiprėti. Rėmeliui sukantis antrą kartą, viskas kartojasi.



1.26 pav.

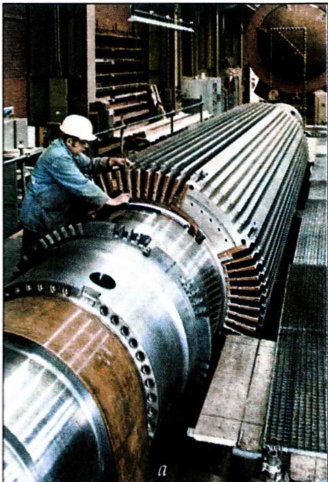
Jeigu prie rėmelio kraštinių *AB* ir *CD* pritvirtinsime po žiedą, o virš kiekvieno iš jų įtaisysime kontaktus, kurie slys žiedais, be to, kontaktus sujungsime su išorine elektros grandine, tai ja ims tekėti kintamoji srovė (1.26 pav.).

Aprašytu modeliu paaiškinome tik patį kintamosios elektros srovės gavimo principą. Iš tiesų šiuolaikiniai elektros generatoriai yra sudėtingos elektros mašinos. Vieną jų matote 1.27 paveiksle.

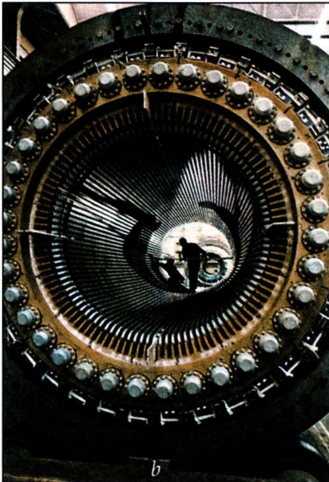
Elektros generatorių galia gali būti įvairi. Ji siekia nuo kilovato dalių iki keleto tūkstančių kilovatų.

Elektros generatoriai montuojami elektrinėse, elektros pavarose ir kitur.

1.27 pav.



a



b

Tai įdomu !

• *1991 m. Gineso rekordų knygoje įrašyta, kad pats didžiausias turbogeneratorius (elektros generatorius, kurį suka garo turbina) yra Ignalìnos atòminėje elektrìnėje. Jo galia siekia 1500 MW.*

• *Kaũno hidroelektrinėje (pastatytoje 1955—1960 m.) įrengti keturi hidrogeneratoriai (elektros generatoriai, kuriuos suka vandens turbinos). Kiekvieno jų galia 25 200 kW.*

• *Elektrė́nų šiluminėje elektrinėje (pastatytoje 1960—1972 m.) yra keturi energetiniai blokai, kurių kiekvieno galia 150 MW, ir keturi blokai po 300 MW. Bendra elektrinės galia siekia 1800 MW.*

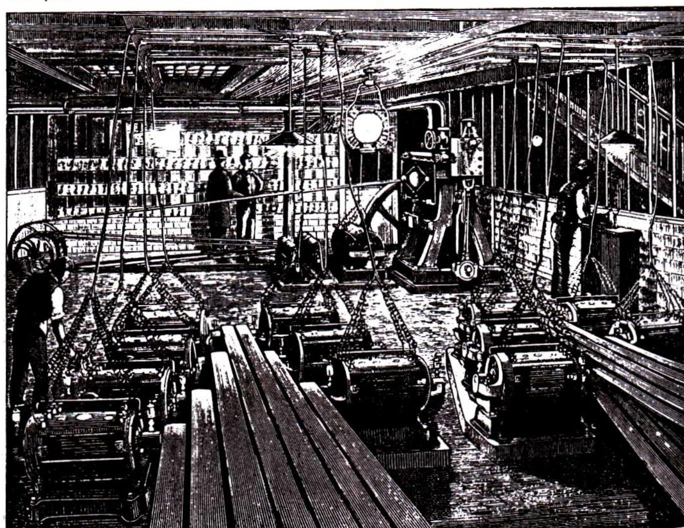
1.7. Elektros energijos gamyba ir perdavimas

Vienas didžiausių elektros energijos privalumų yra galimybė perduoti ją iš vienos vietos į kitą dideliais atstumais. Dar XIX a. gamyklose buvo naudojamos sudėtingos transmìsijų (lot. *transmissio* — persiuntimas, perdavimas) sistemos mechaninei energijai perduoti iš variklio į darbines mašinas ir mechanizmus (1.28 pav.).

Norint perduoti elektros energiją, kuria generatorius paverčia mechaninę energiją, pakanka nutiesti laidus, kartais net labai ilgus.

Didelių elektrinių generatoriai gamina aukštos įtampos (pavyzdžiui, 110 kV arba 330 kV) srovę, o daugelis praktikoje naudojamų elektrinių prietaisų pritaikyti neaukštai įtampai. Antai televizoriui ar šaldytuvui reikalinga 220 V įtampa, kai kurioms elektros lemputėms — vos 12 V įtampa. Kaip galima pakeisti grandinės įtampą? Tai padaryti visiškai nesunku, turint įrenginį, vadinamą transformatoriumi (lot. *transformo* — pakeičiu, paverčiu). Kas jis?

1.28 pav.



Transformatorius

Transformãtorius yra įrenginys, keičiantis kintamosios srovės grandinės įtampą ir stiprį (1.29 pav., *a*). Jį sudaro uždara geležinė šerdis, ant kurios užvyniotos dvi ritės (1.29 pav., *b*). Vijų skaičius jose yra skirtingas. Prie kintamosios srovės šaltinio prijungta ritė vadinama **pirminè ãpvija**, o prie elektros imtuvų — **antrinè ãpvija**.

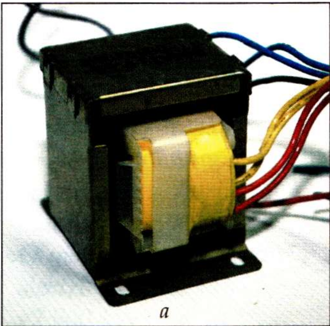
Transformatoriaus veikimas pagrįstas elektromagnetinės indukcijos reiškiniu. Kintamoji elektros srovė, tekėdama pirminės apvijõs vijomis, sukuria transformatoriaus šerdyje kintamąjį magnetinį srautą. Jis veria abiejų ričių vijas ir indukuoja jose kintamąją elektrovarą, apytiksliai lygią įtampai.

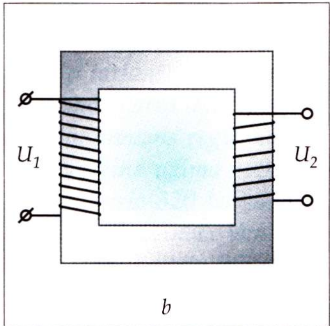
Sakykime, pirminė apvija turi n_1 vijų, antrinė — n_2 vijų. Tada jose indukuotos elektrovaros bus atitinkamai lygios n_1E ir n_2E; čia E — vienoje vijoje indukuota elektrovara.

Jeigu $n_1 > n_2$, tai pirminės apvijos įtampa yra didesnė negu antrinės, vadinasi, toks transformatorius įtampą mažina (žemina). Jis vadinamas **žẽminamuoju transformãtoriumi**.

Jeigu pirminėje apvijoje vijų yra mažiau negu antrinėje ($n_1 < n_2$), transformatorius įtampą didina (aukština), todėl vadinamas **áukštinamuoju transformãtoriumi**.

Bandymas. Išardomojo transformatoriaus pirminės apvijos gnybtus prijunkime prie kintamosios srovės šaltinio, o antrinės — prie voltmetro V_2 (1.30 pav.). Pirminės ir antrinės apvijos vijų skaičiaus santykį palyginkime su voltmetrų V_1 ir V_2 rod-

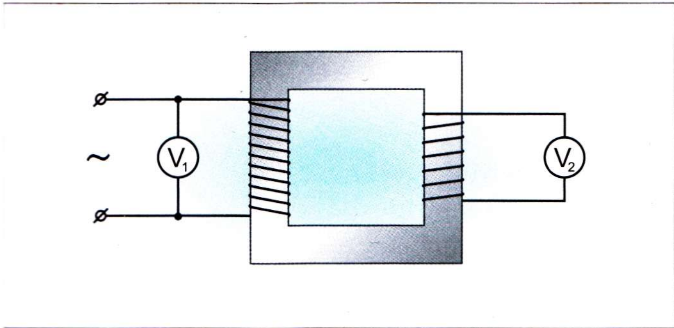

a



b

1.29 pav.

1.30 pav.



Tai įdomu !

• *Transformatorius, kurio antrinė (dažniausiai žemesnės įtampos) apvija yra pirminės (aukštesnės įtampos) apvijos dalis, vadinamas autotransformãtoriumi (gr.* autos *— pats). Jis gali būti reguliuojamasis ir nereguliuojamasis. Reguliuojamasis naudojamas valdymo grandinėse, automatikos ir laboratoriniuose įtaisuose, nereguliuojamasis — buityje, relinėse apsaugos grandinėse ir kitur.*

menų santykiu. Pamatysime, kad jie beveik nesiskiria. Vadinasi, kiekvienos apvijos įtampa yra tiesiogiai proporcinga vijų skaičiui:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{n_1}{n_2} = k.$$

Ši lygybė galioja tada, kai transformatorius dirba tuščiąja eiga, t. y. kai prie antrinės jo apvijos neprijungti imtuvai (nėra apkrovos). Dydis k vadinamas **transformãcijos koeficientù**. Aukštinamojo transformatoriaus $k < 1$, žeminamojo $k > 1$.

Apkraukime transformatorių, prijungdami prie antrinės jo apvijos galų kokį nors imtuvą, pavyzdžiui, lempą. Šios apvijos grandine ims tekėti indukuotoji srovė. Pažymėkime pirmine ir antrine apvija tekančios srovės stiprį atitinkamai I_1 ir I_2. Transformatorių naudingumo koeficientas yra labai didelis, todėl elektros srovės galia antrinėje apvijoje nedaug (paprastai 2—3 %) skiriasi nuo srovės galios pirminėje apvijoje:

$$U_1 I_1 \approx U_2 I_2,$$

arba

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}.$$

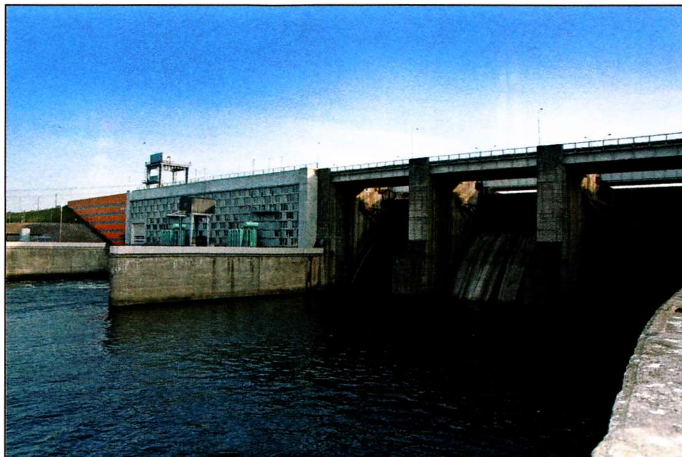
Vadinasi, *kiek kartų transformatorius paaukština arba pažemina įtampą, tiek pat kartų sumažėja arba padidėja srovės stipris.*

Elektros energijos gamyba

Kaip žinome, elektros energija gaminama specialiose įmonėse, vadinamose elektrinėmis. Jos skirstomos į:

- hidroelektrinès (HE);
- šiluminès elektrinès (ŠE);
- atòmines (branduolinès) elektrinès (AE).

Hidroelektrinėse elektros generatorius suka hidraulinės turbinos. Tokių elektrinių galia priklauso



1.31 pav.

nuo vandens debito (vandens, pratekėjusio turbina per 1 s, masės) ir vandens lygių skirtumo (užtvankos aukščio). Didžiausios Lietuvos hidroelektrinės yra Krúonio HAE prie Kaũno mãrių (galia 800 MW), Kauno HE prie Nẽmuno (1.31 pav.; 100,8 MW), Antãlieptės HE prie Šventõsios (2,5 MW), Kavársko HE prie Šventõsios (1 MW), Angirių HE prie Šùšvės (1,1 MW). Visose Lietuvos hidroelektrinėse pagaminama iki 4 % visos Lietuvoje išgaunamos elektros energijos.

Šiluminėse elektrinėse (1.32 pav.) elektros generatorius suka garo arba dujų turbinos, vidaus degimo varikliai. Energijos šaltinis yra įvairus kuras: ma-

1.32 pav.



Tai įdomu !

- *Pirmosios kelių šimtų vatų galios hidroelektrinės buvo pastatytos 1876—1881 m. Vokiètijoje ir Didžiõjoje Britãnijoje.*
- *Pirmoji hidroelektrinė Lietuvoje įrengta XX a. pirmajame dešimtmetyje ant Virvỹtės upės.*
- *Lietuvoje prieš II pasaulinį karą veikė keli šimtai mažų hidroelektrinių. Daugelis jų buvo kartu su malūnais.*
- *1940 m. Lietuvoje veikė 15 elektrinių, kurių galia didesnė nei 500 kW. O visų tuo metu veikusių elektrinių galia siekė apie 67 800 kW.*
- *Kruonio HAE skirta elektros energijos gamybai ir suvartojimui balansuoti, kitaip tariant, energetinės sistemos paros apkrovimo netolygumams reguliuoti. Ši elektrinė užima 669 ha plotą, kurio 320 ha sudaro vandens baseinas. Vanduo iš 100 m aukščio 7,5 m skersmens vamzdžiais pasiekia turbinas, kurių vienos skersmuo 6,3 m. Ši elektrinė 8 kartus galingesnė už Kauno HE.*

Tai įdomu !

* *Norvègijos kalnuose iškastame požemyje Sìmos hidroelektrinės (1.35 pav.) dvi turbinas suka iš 700 m aukštyje esančių saugyklų vamzdžiais atitekantis vanduo, kurį papildo tirpstantys sniegynai ar lietus. Vienos turbinos skersmuo 5,05 m, masė 37 t (1.34 pav.). Šios elektrinės galia yra 620 MW.*



1.33 pav.

zutas, dujos, anglys, durpės, Žemės gelmių šiluma ir kt. Panaudotųjų garų energija šiose elektrinėse dažnai naudojama butams šildyti ar šiltam vandeniui tiekti. Didžiausios Lietuvos šiluminės elektrinės yra Elektrénų ŠE (1800 MW), Vìlniaus trečioji termofikãcinė elektrinė (360 MW), Kaũno termofikacinė elektrinė (212 MW), Klaĩpėdos ŠE (19,5 MW), Rėkývos ŠE (11 MW).

Atominėse elektrinėse energija, išsiskirianti branduolinių reakcijų metu, verčiama elektros energija. Lietuvoje nuo 1983 m. veikia Ignalìnos AE (1.33 pav.), kurios kiekvieno iš dviejų blokų galia yra 1500 MW. Kadangi tokio tipo blokai laikomi nepatikimais, buvo priimtas sprendimas nutraukti atominės elektrinės eksploatavimą. Įstodama į Europos Sąjungą,

1.34 pav.



1.35 pav.



Lietuva įsipareigojo uždaryti Ignalinos AE iki 2010 metų. Pirmasis blokas sustabdytas 2004 m. gruodžio 31 d. Pastaraisiais metais ši elektrinė tiekė apie 75—80 % visos Lietuvoje reikalingos elektros energijos.

Elektros energijos naudojimas

Daugiausia elektros energijos mūsų šalyje suvartoja pramonė (2000 m. tai sudarė 47 % visos Lietuvoje suvartotos elektros). Apie trečdalis jos skiriama technologinėms reikmėms: metalams virinti, kaitinti ir lydyti, elektrolizei. Apie 26 % elektros energijos reikia gyventojų buitiniams poreikiams tenkinti: butams apšviesti, buitiniams elektriniams prietaisams maitinti, maistui gaminti ir t. t. Sunku būtų net įsivaizduoti mūsų buitį be elektros. Žemės ūkiui tenka maždaug 3 %, o kitiems vartotojams (prekybos įmonėms, biudžetinėms organizacijoms, elektrifikuotam transportui ir t. t.) — 24 % visos suvartotos elektros energijos.

Elektros energijos perdavimas

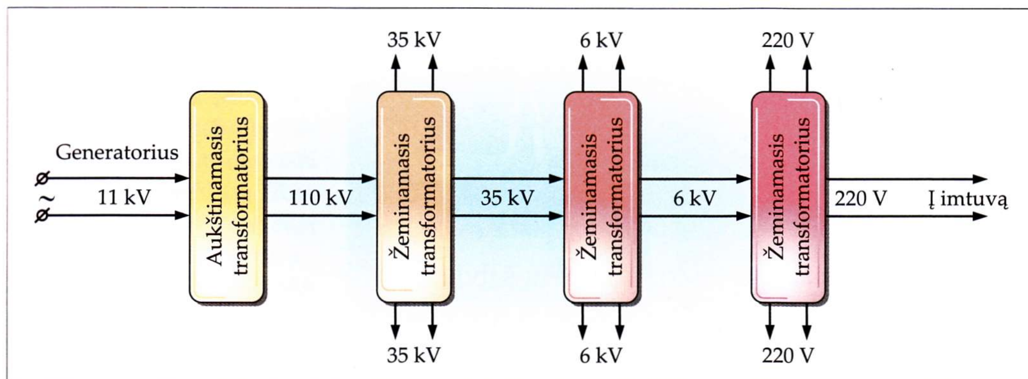
Elektrinėse pagaminta elektros energija turi pasiekti kiekvieną imtuvą, tad ją tenka perduoti dideliais atstumais. O tai visada nuostolinga, nes srovė, tekėdama elektros perdavimo linijos laidais, juos šildo (prisiminkite, kad $Q = I^2Rt$). Kad elektros energijos perdavimas būtų ekonomiškas, reikia kuo labiau sumažinti energijos nuostolius, patiriamus dėl laidų šilimo. Kaip tai padaryti?

Galima elgtis dvejopai — mažinti laidų varžą arba srovės stiprį. Pirmasis būdas praktiškai neįgyvendinamas, nes tektų naudoti nepaprastai storus laidus $\left(R = \rho\frac{l}{S}\right)$. Vadinasi, reikia mažinti srovės stiprį. Tačiau kad nepasikeistų perduodama galia, būtina didinti įtampą.

Didelėse elektrinėse tam naudojami aukštinamieji transformatoriai. Jais padidinama įtampa ir kartu sumažinamas elektros srovės stipris. Perdavimo linijos gale statomas žeminamasis transformatorius,

Tai įdomu !

- *Pirmą kartą elektros energija laidais 1 km atstumu buvo perduota 1873 m. Vienos pasaulinėje parodoje.*
- *Pirmoji 1,4 kV nuolatinės srovės oro linija nutiesta 1882 m. Vokietijoje tarp Míesbacho ir Miùncheno. Jos ilgis buvo 57 km.*
- *Lietuvoje pirmoji nuolatinės srovės perdavimo linija (110 V įtampos) nutiesta 1892 m. Oginskių dvare (Plùngėje).*
- *XX a. trečiajame dešimtmetyje elektros energija buvo perduodama iki 100 km, ketvirtajame dešimtmetyje — iki 400 km, o septintajame — iki 1200 km.*
- *Lietuvos elektros energijos perdavimo tinklui priskiriamos 110/330 kV elektros linijos, 330 kV transformatorių pastotės ir skirstyklos, 110 kV skirstyklos.*



1.36 pav.

kuris sumažina įtampą ir padidina srovės stiprį. Įtampa dažniausiai žeminama keliais etapais, kad būtų galima elektros energija aprūpinti didesnę teritoriją. Bendriausia elektros energijos perdavimo ir paskirstymo schema pavaizduota 1.36 paveiksle.

Tai įdomu !

- *Vėjai dideliame aukštyje gali būti potencialus didžiulis atsinaujinantis energijos šaltinis. Australijos inžinierius Brajanas Robertsas* (Bryan Roberts) *projektuoja keletą vėjo malūnų sujungti 5 km aukštyje virš Žemės, kur nuolat pučia stiprus vėjas. Skraidyklė pati pasigamina šiame aukštyje išsilaikyti reikalingą energiją. Ore ji gali išbūti kelis mėnesius, o energiją į Žemę perduoti kabeliu.*

Kai kurie mokslininkai mano, kad, pradėjus naudoti skraidančius elektros generatorius, išnyktų žmonių priklausomybė nuo anglies ir naftos išteklių.

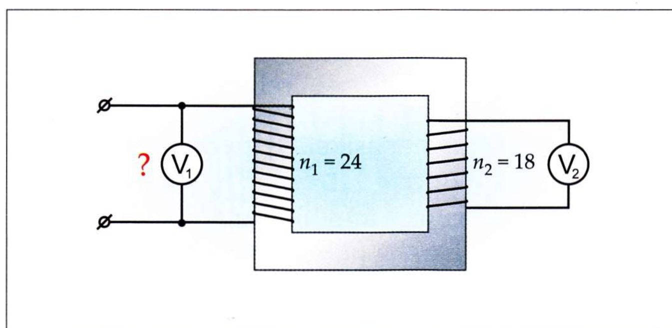
Užduotys

1. Pirminė transformatoriaus apvija turi 99 vijas, antrinė — 990 vijų. Įtampa pirminėje apvijoje lygi 110 V. Kokia įtampa yra antrinėje apvijoje?

2. Pirminėje transformatoriaus apvijoje yra 10 vijų, o antrinėje — 500 vijų. Apskaičiuokite neapkrauto transformatoriaus antrinės apvijos gnybtų įtampą, kai pirminės įtampa lygi 30 V.

3. Pirminę transformatoriaus apviją sudaro 1500 vijų. Kiek vijų turi būti antrinėje apvijoje, kad transformatorius paaukštintų įtampą nuo 120 V iki 300 V?

1.37 pav.



4. Kaip būtų galima sužinoti transformatoriaus vijų skaičių, neišvyniojant apvijų? Vienos apvijos vijų skaičius yra žinomas.

5. Prie antrinės transformatoriaus apvijos prijungtas voltmetras V_2 (1.37 pav.) rodo 3 V. Apskaičiuokite pirminės apvijos gnybtų įtampą.

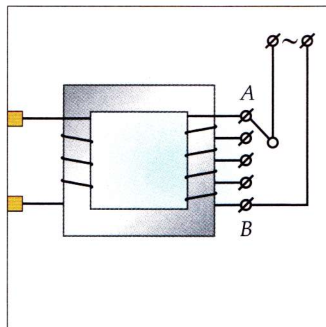
6. Antrine transformatoriaus apvija teka 0,22 A stiprio srovė. Šios apvijos gnybtų įtampa 2400 V, o pirminės apvijos — 120 V. Kokio stiprio srovė teka pirmine apvija?

7. Pirminė transformatoriaus apvija turi 180 vijų, antrinė — 720 vijų. Prie pirminės apvijos prijungta kišeninio žibintuvėlio baterija. Ką rodo prie antrinės apvijos gnybtų prijungtas voltmetras?

8. 1.38 paveiksle pavaizduota suvirinimo transformatoriaus schema. Kaip kis antrinės apvijos gnybtų įtampa, kai į pirminės apvijos grandinę įjungto jungiklio rankenėlę laipsniškai perkelsime iš padėties *A* į padėtį *B*?

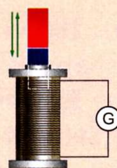
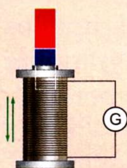
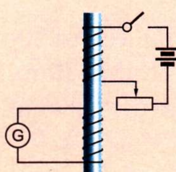
9. Kodėl žeminamojo transformatoriaus antrinės apvijos vijos paprastai daromos iš storesnės vielos negu pirminės?

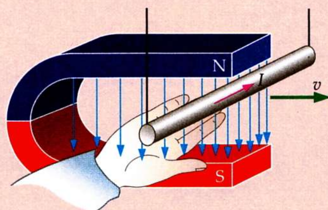
10. Transformatoriaus pirmine apvija tekančios srovės galia 200 W. Antrinės apvijos gnybtų įtampa 80 V. Kokio stiprio srovė teka antrine apvija? Energijos nuostolių nepaisykite.



1.38 pav.

Skyriaus „Elektromagnetinė indukcija. Kintamoji srovė" santrauka

Elektromagnetinės indukcijos reiškinys	Elektromagnetine indukcija vadinamas elektros srovės atsiradimas uždarame laidininke kintant jį veriančiam magnetiniam srautui.
Bandymai elektromagnetinės indukcijos reiškiniui stebėti	 Magnetas judinamas ritės atžvilgiu.  Ritė judinama magneto atžvilgiu.  Dvi ritės užvyniojamos ant vienos geležinės šerdies ir vienoje iš jų: • įjungiama bei išjungiama elektros srovė; • keičiamas srovės stipris.
Lenco taisyklė	Indukuotoji elektros srovė visada teka tokia kryptimi, kad jos sukurtas magnetinis laukas priešinasi priežasčiai, sukėlusiai šią srovę. Jei magnetinis laukas, kuriame yra uždaras laidininkas, stiprėja, tai indukuotoji srovė sužadina priešingos krypties magnetinį lauką, jei silpnėja — tos pačios krypties lauką.
Elektromagnetinės indukcijos dėsnis $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $[E] = 1$ V	Uždarame laidininke indukuota elektrovara yra proporcinga magnetinio srauto kitimo greičiui. Indukuotosios elektrovaros ženklas nustatomas pagal Lenco taisyklę.

Dešiniosios rankos taisyklė	Jei dešiniosios rankos delną laikysime taip, kad magnetinės linijos eitų į delną, o 90° kampu ištiestas nykštys rodytų laidininko judėjimo kryptį, tai kiti keturi ištiesti pirštai rodys indukuotosios elektros srovės kryptį. 
Saviindukcija $E = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ $[L] = 1\ \text{H} = 1\frac{\text{V}\cdot\text{s}}{\text{A}}$	Saviindukcijos reiškiniu vadinamas indukuotosios elektrovaros atsiradimas grandinėje kintant ja tekančios srovės stipriui.
Kintamoji elektros srovė $[\nu] = 1\ \text{Hz} = 1\ \text{s}^{-1}$ $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$	• Kintamąja vadinama tokia elektros srovė, kurios stipris ir kryptis periodiškai kinta. • Lietuvoje vartojamos kintamosios srovės dažnis yra 50 Hz. • Efektinė kintamosios srovės stiprio vertė lygi stipriui tokios nuolatinės srovės, kuri tame pačiame laidininke per tą patį laiką išskiria tiek pat šilumos, kiek ir kintamoji.
Elektros generatorius	Elektros generatorius — mašina, kuri mechaninę energiją paverčia elektros energija.
Transformatorius $U_1I_1 \approx U_2I_2,\ \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_1}{I_2}$ $\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{n_1}{n_2} = k$	Transformatoriumi vadinamas įrenginys, keičiantis kintamosios srovės grandinės įtampą ir stiprį. • Žeminamojo transformatoriaus $k > 1$. • Aukštinamojo transformatoriaus $k < 1$.





2 Elektromagnetiniai virpesiai ir bangos

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- elektromagnetinių virpesių ir elektromagnetinės bangos sąvokomis;
- elektromagnetinių virpesių rūšimis;
- elektromagnetinių bangų sklidimo ypatybėmis;
- radijo ryšio ir televizijos laidų perdavimo schemomis;
- radiolokacijos principu.

Nagrinėsite šių įrenginių veikimo principą:

- kondensatoriaus;
- virpesių kontūro;
- radijo imtuvo.

2.1. Elektromagnetinių virpesių samprata

Kas yra elektriniai virpesiai?

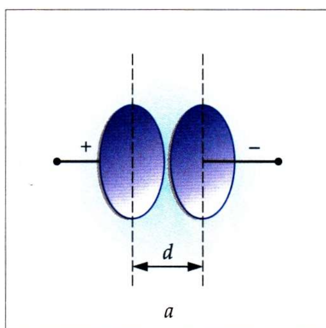
Kiekvieną dieną žiūrite televizijos laidas, klausotės radijo. O ar žinote, kokiu būdu į televizorių ar radijo imtuvą patenka vaizdas ir garsas? Kuo pagrįstas tų aparatų veikimas? Kad galėtume atsakyti į šiuos klausimus, turime susipažinti su dar vienos rūšies svyravimais ir bangomis — **elektromagnètiniais virpesiaĩs** ir **elektromagnètinėmis bangomìs**.

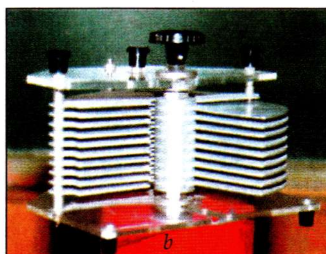
Jau esame aptarę vieną elektrinių svyravimų atvejį — kintamąją elektros srovę ir jos taikymą praktikoje. Kadangi elektrinių svyravimų dažnis yra gana didelis, tai juos įprasta vadinti **elektrìniais virpesiaĩs**. Elektriniai virpesiai yra ne kas kita, kaip periodiškas arba beveik periodiškas:

- elektros krūvio kitimas,
- elektros srovės stiprio kitimas,
- įtampos kitimas elektros grandinėje.

Norėdami išsiaiškinti, kaip veikia įrenginys, kuriame sukeliami elektriniai virpesiai, iš pradžių susipažinsime su **kondensãtoriumi** (pranc. *condensateur*, kilęs iš lot. *condenso* — sutirštinu), t. y. elektros krūvį kaupiančiu prietaisu.

2.1 pav.







Kondensatorius

Kondensatorių sudaro du ar daugiau laidininkų, perskirtų plonu izoliatoriaus sluoksniu. Paprasčiausiu atveju tai būna dvi lygiagrečios juostelės arba plokštelės (2.1 pav., *a*), vadinamos **elektròdais**. Elektrinėse schemose jis žymimas simboliu ⊣⊢. 2.1 paveiksle, *b* ir *c*, pavaizduota keletas įvairių rūšių kondensatorių.

Kondensatoriaus savybė kaupti elektros krūvį apibūdinama fizikiniu dydžiu, vadinamu **elektrinė talpà**. Ji žymima raide C ir matuojama *farãdais* (F).

1 F talpa nepaprastai didelė, todėl praktikoje dažniausiai vartojami daliniai jos vienetai: *mikrofarādas* (μF), *nanofarādas* (nF) ir *pikofarādas* (pF):

$$1\ \mu F = 10^{-6}\ F, \quad 1\ nF = 10^{-9}\ F, \quad 1\ pF = 10^{-12}\ F.$$

Prie srovės šaltinio prijungtos kondensatoriaus plokštelės įsielektrina. Viena iš jų įgyja teigiamąjį krūvį (+q), kita — neigiamąjį (–q). Tarp plokštelių atsiranda įtampa U. Tokio kondensatoriaus elektrinę talpą galima išreikšti vienos plokštelės krūvio modulio ir įtampos tarp plokštelių santykiu:

$$C = \frac{q}{U}.$$

Iš šio sąryšio matyti, kad kondensatoriaus talpa rodo, kokį krūvį reikia suteikti kondensatoriaus plokštelėms, kad įtampa tarp jų būtų lygi 1 V. Remdamiesi ta pačia formule, galime apibrėžti ir elektrinės talpos matavimo vienetą: 1 F lygus elektrinei talpai tokio kondensatoriaus, kurio elektrodams suteikus 1 C įvairiaženklius krūvius, įtampa tarp elektrodų yra 1 V.

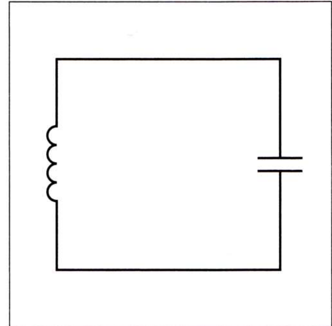
Tai įdomu !

- *Elektrinės talpos vienetas pavadintas faradu pagal anglų fiziko M a i k l o F a r a d ė j a u s pavardę.*
- *Faradas — labai didelis vienetas. Viso Žemės rutulio elektrinė talpa yra pusantro tūkstančio kartų mažesnė už vieną faradą.*

Virpesių kontūras

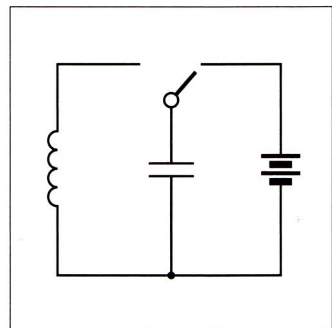
Svarbiausia daugelio radiotechninių įtaisų dalis yra įrenginys, kuriame sukeliami elektriniai virpesiai. Jis vadinamas **virpesių kòntūru**. Tai grandinė, sudaryta iš kondensatoriaus ir prie jo plokštelių prijungtos ritės (2.2 pav.).

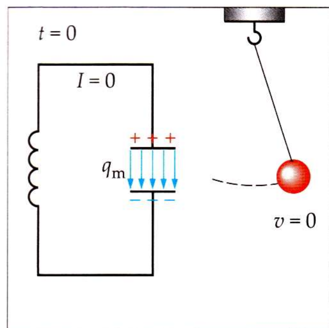
2.2 pav.



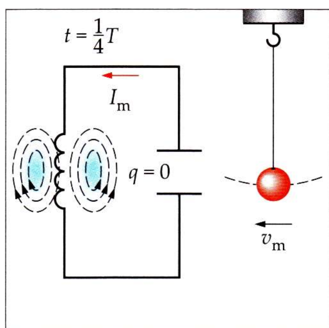
Bandymas. Virpesių kontūro kondensatorių dvikrypčiu jungikliu prijunkime prie nuolatinės srovės šaltinio (2.3 pav.). Kondensatorius įsielektrins (įsikraus), taigi įgis energijos, kuri bus lygi elektrinio lauko tarp jo plokštelių energijai. Tada kondensatorių atjunkime nuo šaltinio. Ant vienos jo plokštelės liks teigiamasis krūvis, ant kitos — tokio pat dydžio neigiamasis krūvis. Įkrautas kondensatorius bus tarsi srovės šaltinis. Prijungus jungiklį, ritė ir kondensatorius sudarys uždarąją grandinę ir joje prasidės greitas periodinis procesas: kis kontūru tekančios srovės stipris bei kryptis, taip pat kondensatoriaus ir ritės energija.

2.3 pav.



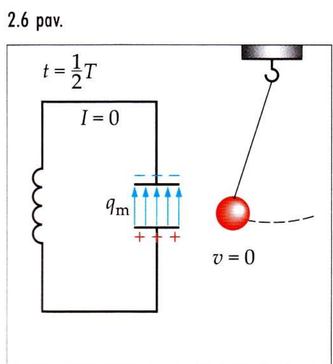


2.4 pav.



2.5 pav.

2.6 pav.



Išnagrinėkime, kas vyksta kontūre kiekvieną ketvirtį periodo, palygindami šį procesą su matematinės svyruoklės svyravimu.

• Periodo pradžioje ($t = 0$; 2.4 pav.) srovė kontūru neteka ($I = 0$), o įelektrinto kondensatoriaus krūvis yra didžiausias (q_m). Šis momentas atitinka labiausiai nuo pusiausvyros padėties nutolusią svyruoklę ($v = 0$).

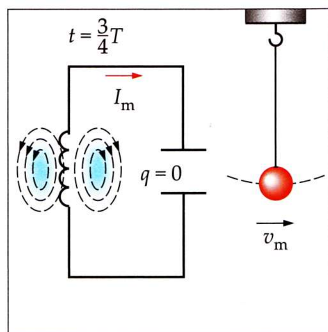
• Per pirmąjį ketvirtį periodo $\left(0 \leq t \leq \frac{1}{4}T;\ 2.5\right.$ pav.$\left.\right)$ kondensatorius laipsniškai išsikrauna ir iš teigiamai įelektrintos jo plokštelės į neigiamai įelektrintą plokštelę rite ima tekėti stiprėjanti elektros srovė, kuri šios periodo dalies pabaigoje įgyja didžiausią vertę (I_m). Toji iškrovos srovė sustiprėja ne akimirksniu, nes jai trukdo dėl saviindukcijos ritėje atsiradusi priešingos krypties srovė. Kai kondensatorius išsikrauna iki galo, visa jo elektrinio lauko energija virsta ritės magnetinio lauko energija. Panašiai svyruoklė per šį ketvirtį periodo grįžta į pusiausvyros padėtį ir jo pabaigoje įgyja didžiausią greitį ($v = v_m$), o jos pasvaro visa potencinė energija virsta kinetine energija.

• Per antrąjį ketvirtį periodo, t. y. per laiką $\frac{1}{4}T < t \leq \frac{1}{2}T$ (2.6 pav.), elektros srovė iš karto nenutrūksta, bet toliau teka silpnėdama, mat ją palaiko ritėje atsiradusi saviindukcinė elektrovara. Indukuotoji srovė įkrauna kondensatorių priešinga kryptimi, t. y. priešingo ženklo krūviais. Periodo antrojo ketvirčio pabaigoje srovės stipris vėl pasidaro lygus nuliui, kondensatorius visiškai įsikrauna, o visa virpesių kontūro energija susikaupia tarp kondensatoriaus plokštelių. Taigi ritės magnetinio lauko energija vėl virsta kondensatoriaus elektrinio lauko energija. Tačiau dabar šio lauko jėgų linijų kryptis yra priešinga pradinei krypčiai. Analogiškai svyruoklė per šį ketvirtį periodo nukrypsta į priešingą pusę nuo pusiausvyros padėties ($v = 0$) ir kraštinėje padėtyje jos kinetinė energija vėl virsta potencine energija.

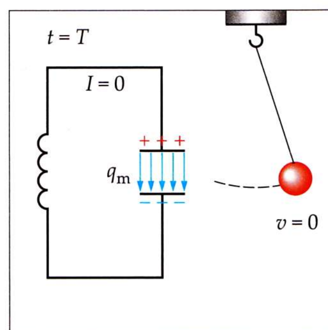
Toliau procesas kartojasi, tik, išsielektrinant kondensatoriui, srovė teka kontūru priešinga kryptimi (žr. 2.7 ir 2.8 pav.). Svyruoklė tuo metu juda priešinga kryptimi iki pradinės padėties.

Iš 2.8 paveikslo matyti, kad, pasibaigus vienam periodui, kondensatorius įsikrauna taip pat, kaip buvo iš pradžių, vadinasi, toliau procesas kartojasi ta pačia tvarka. Taigi matome, kad srovė teka kontūru tai viena, tai kita kryptimi — ji svyruoja tam tikru dažniu. (Apie tokią srovę jau kalbėjome 1.5 skyrelyje; žr. p. 23.)

Kontūre vykstantis periodiškas elektrinio ir magnetinio lauko kitimas ir vadinamas elektromagnetiniais virpesiais. Jeigu ne energijos nuostoliai, aprašytas procesas kontūre tęstųsi neribotai ilgai ir virpesiai jame būtų **neslopìnamieji**. Juos galėtume pavaizduoti kreive, nubraižyta 2.9 paveiksle, *a*. Tačiau kontūras visuomet turi, nors ir nedidelę, varžą, todėl dalis jo energijos virsta vidine laidininkų energija, be to, šiek tiek jos išspinduliuojama į aplinką. Jei kontūro energija nepapildoma, elektromagnetiniai virpesiai ilgainiui silpnėja, slopsta (2.9 pav., *b*). Taigi kontūre sužadinti virpesiai yra **slopìnamieji**.



2.7 pav.



2.8 pav.

Virpesių periodas

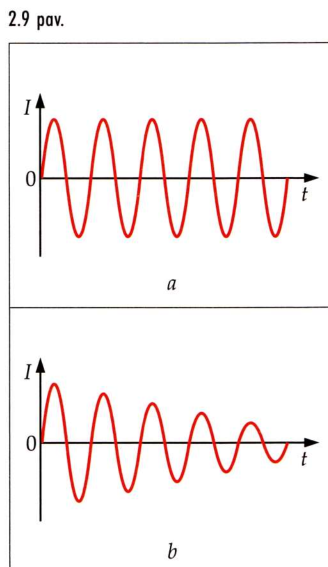
Kontūre vykstančių elektromagnetinių virpesių periodas (taigi ir dažnis) priklauso nuo kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo. Jį galima apskaičiuoti pagal vadinamąją **Tòmsono fòrmulę**

$$T = 2\pi\sqrt{LC};$$

čia T — virpesių periodas sekundėmis, L — ritės induktyvumas henriais, C — kondensatoriaus elektrinė talpa faradais, $\pi \approx 3{,}14$. Kuo didesnė kondensatoriaus elektrinė talpa, tuo daugiau laiko reikia jam įkrauti ir iškrauti. Kuo didesnis ritės induktyvumas, tuo lėčiau dėl saviindukcijos kontūre stiprėja ar silpnėja srovė.

Iš Tomsono formulės matyti, kad elektromagnetinių virpesių periodą galima pakeisti dviem būdais: keičiant kondensatoriaus talpą arba ritės induktyvumą. Radiotechnikoje taikomi abu būdai.

2.9 pav.



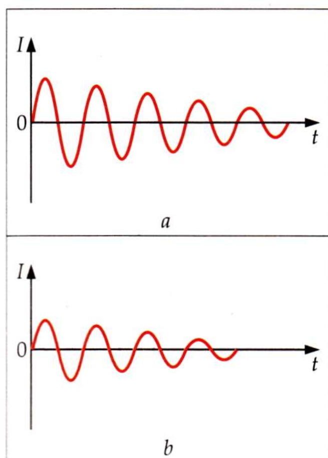
Tai įdomu !

• *Kontūre vykstančių elektromagnetinių virpesių teoriją 1853 m. sukūrė anglų mokslininkas V i l j a m a s T o m s o n a s* (William Thomson). *Šią teoriją 1861 m. bandymais patvirtino vokiečių fizikas B e r e n d a s V i l h e l m a s F e d e r s e n a s* (Berend Wilhelm Feddersen).

• *Virpesių kontūras kartais dar vadinamas Tomsono kontūru.*

• *Radiotèchnika (lot.* radio — *spinduliuoju + gr.* technikos — *meniškas, meistriškas) — mokslas, tiriantis radijo dažnio elektromagnetinių bangų sužadinimą, kitimą, spinduliavimą ir priėmimą; technikos šaka, kurianti ir gaminanti įvairius radijo įrenginius.*

2.10 pav.



Uždavinys. Virpesių kontūro kondensatoriaus talpa 300 pF. Koks yra šio kontūro ritės induktyvumas, kai virpesių dažnis lygus 10^6 Hz?

$C = 300 \text{ pF} = 300 \cdot 10^{-12}$ F
$\nu = 10^6$ Hz

L — ?

S p r e n d i m a s. Remiamės kontūro virpesių periodo formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Kadangi dažnis $\nu = \frac{1}{T}$, tai $\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Iš čia išsireiškiame L:

$$\nu^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}, \qquad L = \frac{1}{4\pi^2 C\nu^2}.$$

Įrašę skaitines vertes, gauname:

$$L = \frac{1}{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 300 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{12}} \text{ H},$$

$$L = 8{,}45 \cdot 10^{-5} \text{ H}.$$

A t s a k y m a s: $L = 8{,}45 \cdot 10^{-5}$ H.

Užduotys

1. Kokią įtaką virpesių dažniui kontūre turi ritės induktyvumas ir kondensatoriaus talpa?

2. Kontūro ritės induktyvumas padidintas 9 kartus. Kiek kartų pakito virpesių periodas?

3. Kiek kartų pakis virpesių kontūre periodas, kai ritės induktyvumas sumažės 4 kartus, o kondensatoriaus talpa padidės 9 kartus?

4. Virpesių kontūro ritės induktyvumas $9 \cdot 10^{-5}$ H, o kondensatoriaus talpa 0,004 μF. Apskaičiuokite šiame kontūre vykstančių virpesių periodą.

5. Kokios talpos kondensatorių reikia sujungti su 3 H induktyvumo rite, kad virpesių dažnis kontūre būtų lygus 50 Hz?

6. 2.10 paveiksle vienodu masteliu nubraižyti dviejuose kontūruose vykstančių slopinamųjų virpesių grafikai. Paaiškinkite, kodėl virpesiai viename kontūre slopsta greičiau negu kitame.

2.2. Neslopinamųjų elektromagnetinių virpesių gavimas

2.1 skyrelyje išnagrinėtas virpesių kontūras, kaip minėjome, turi varžą, dėl kurios virpesiai slopsta. Po kiekvieno periodo srovės stiprio amplitudė kaskart sumažėja. Praktikoje svarbesni neslopinamieji virpesiai. Jiems gauti reikalingas įtaisas, kuris nuolat papildytų virpesių kontūro energiją, prarandamą dėl laidininkų šilimo. Toks įtaisas vadinamas **elektromagnètinių virpesių generãtoriumi**. Svarbiausia jo detalė — vakuuminis triodas, su kuriuo susipažinote IX klasėje, arba tranzistorius. Šių įtaisų veikimą plačiau nagrinėsite XII klasėje, o dabar aptarsime tik principus.

Tai įdomu !

• *Triodą 1906 m. išrado JAV radiotechnikas L i d e F o r e s t a s* (Ly de Forest).

• *1913 m. A l e k s a n d e r i s M e i s n e r i s* (Alexander Meissner) *pirmasis triodą panaudojo kaip generatorinę lempą, t. y. neslopinamiesiems elektriniams virpesiams sužadinti.*

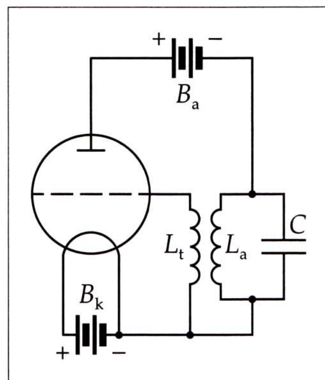
• *Firmos „Bell Telephone" laboratorijoje, kuriai vadovavo V i l j a m a s Š o k l i s* (William Shockly)*, 1948 m. buvo sukurtas tranzistorius. Už šį darbą Šokliui ir jo bendradarbiams 1956 m. paskirta Nobelio premija.*

Lempinis generatorius

Lémpinio generãtoriaus pagrindinės dalys yra šios: triòdas; virpesių kontūras, sudarytas iš ritės L_a ir kondensatoriaus C; ritė L_t, įjungta į triodo tinklelinio elektrodo grandinę; anodo grandinės ir katodo grandinės maitinimo šaltiniai B_a ir B_k (2.11 pav.).

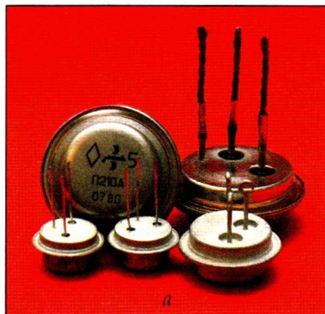
Vykstant elektromagnetiniams virpesiams kontūre, jo ritės L_a kintamasis magnetinis laukas indukuoja ritėje L_t kintamąją elektrovarą, kurios kitimo dažnis lygus kontūro virpesių dažniui. Kadangi ritės L_t laido vienas galas prijungtas prie tinklelinio elektrodo, o kitas — prie katodo, tai tarp šių elektrodų susidaro kintamasis elektrinis laukas. Jis valdo anodo srovę — ją sustiprina arba susilpnina. Kai tinklelinio elektrodo grandinėje indukuotos elektrovaros ženklas sutampa su anodo srovės šaltinio elektrovaros ženklu, anodo srovė sustiprėja, kai nesutampa — susilpnėja arba iš viso nutrūksta (lempa „uždaroma"). Taigi triodas kiekvieną periodą reikiamu momentu sujungia anodo srovės šaltinį su virpesių kontūru ir taip papildo kontūro energiją.

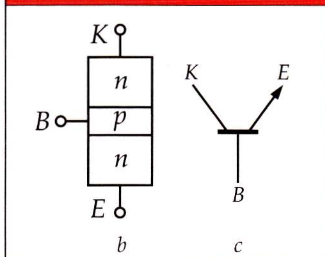
2.11 pav.



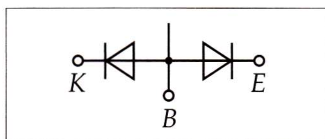
Pagaliau nusistovi toks virpesių režimas, kai energijos nuostolius kontūre kompensuoja anodo grandinės srovės šaltinio energija. Grandinėje vyksta neslopinamieji virpesiai.

Tokius virpesius galima gauti ir vietoj triodo įjungus vadinamąjį tranzistorių (angl. *transistor* kilęs iš *transfer* — pernešti + *resistor* — varžas). Su juo iš pradžių ir susipažinsime.



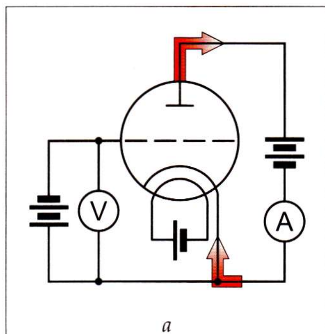


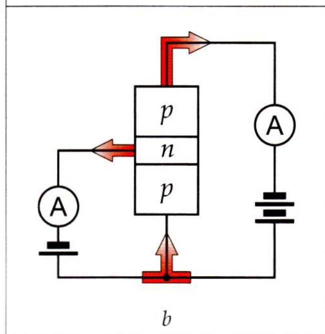
2.12 pav.



2.13 pav.

2.14 pav.





Tranzistorius

Tranzìstorius (2.12 pav., *a*) yra puslaidininkinis prietaisas, kurio veikimas labai panašus į vakuuminio triodo.

Jį sudaro trys puslaidininkių sluoksniai, atskirti vieni nuo kitų dviem sandūromis (2.12 pav., *b*). Dviejų kraštinių puslaidininkių laidumas yra vienodas, o vidurinio — priešingas. Kai vidurinis puslaidininkis yra skylinio laidumo, tranzistorius vadinamas ***npn*** **tranzìstoriumi**, kai elektroninio — ***pnp*** **tranzìstoriumi**. Vidurinis sluoksnis paprastai būna labai plonas — vos keli mikromètrai ar mažiau. Abiejų rūšių tranzistoriai veikia panašiai. Du išoriniai kontaktiniai tranzistoriaus išvadai vadinami **emìteriu** *E* (lot. *emitere* — išleisti, išspinduliuoti) ir **kolèktoriumi** *K* (lot. *collector* — rinkėjas), o vidurinis — **bazè** *B* (gr. *basis* — pagrindas).

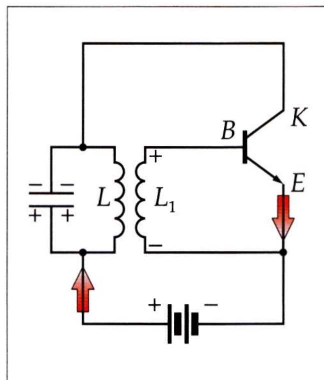
Elektrinėse schemose tranzistorius žymimas simboliu, pavaizduotu 2.12 paveiksle, *c*.

Tranzistorių galima įsivaizduoti kaip du vienas prieš kitą grandinėje sujungtus puslaidininkìnius diodùs (2.13 pav.).

Palyginkime lempinio triodo (2.14 pav., *a*) ir tranzistoriaus (2.14 pav., *b*) veikimą. Anodo srovė triode reguliuojama keičiant tinklelio įtampą, o kolektoriaus srovė tranzistoriuje — keičiant bazės srovės stiprį, kuris būna daug mažesnis negu kolektoriaus srovės. Taigi maži bazės srovės pokyčiai tranzistoriuje sukelia didelius kolektoriaus grandine tekančios srovės pokyčius — silpna bazės grandinės srove galima valdyti stiprią kolektoriaus grandinės srovę. Bazės ir kolektoriaus grandinių srovės stipris gali skirtis šimtus kartų.

Tranzistorinis generatorius

Tranzistorìnio generãtoriaus pagrindinės dalys yra šios: tranzistorius; virpesių kontūras, nuosekliai sujungtas su srovės šaltiniu ir tranzistoriumi; ritė L_1, induktyviai susieta su virpesių kontūro rite; nuolatinės srovės šaltinis (2.15 pav.).



2.15 pav.

Generatorius turi sukurti neslopinamuosius virpesius. Dėl to reikia nuolat papildyti energijos nuostolius virpesių kontūro ritės L vìjose — tiekti energiją iš srovės šaltinio. 2.15 paveiksle pavaizduotoje generatoriaus schemoje energija tiekiama, kai apatinėje kondensatoriaus plokštelėje susikaupia didžiausias teigiamasis krūvis. Tada srovė iš emiterio turi tekėti į kontūrą. Tai įvyks tada, kai šaltinio pliusas bus sujungtas su baze, o minusas — su emiteriu. Toks elektrovaros poliškumas įmanomas tik suderinus indukcinį ryšį tarp virpesių kontūro ritės L ir ritės L_1. Šis ryšys, vadinamas grįžtamuoju, išėjimo signalą suderina su įėjimo signalu.

Po pusės periodo, kai kondensatoriaus plokštelių krūvis pasikeičia priešingu, pakinta ir elektrovaros tarp bazės bei emiterio ženklas — srovė, tekanti tranzistoriumi, nutrūksta ir energija į kontūrą nepatenka. Taigi tranzistorius panašus į jungiklį, kuris reikiamu momentu sujungia virpesių kontūrą su srovės šaltiniu.

Generatorių sukurti neslopinamieji aukštojo dažnio virpesiai naudojami radijo ryšiui palaikyti.

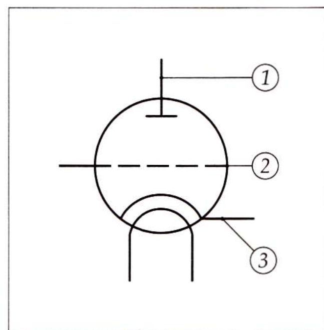
Užduotys

1. Įvardykite skaičiais *1*, *2* ir *3* pažymėtas vakuuminio triodo (2.16 pav.) ir tranzistoriaus (2.17 pav.) dalis.

2. Kaip pakis anodo srovė, jeigu tinklelinio elektrodo įtampą padidinsime, o anodo įtampą paliksime tokią pačią?

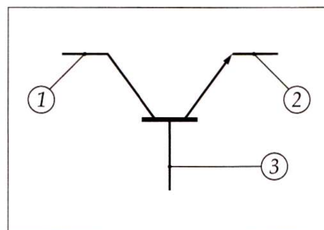
3. Kokia energija stiprina tranzistorinio generatoriaus signalus?

4. Palyginkite srovės reguliavimo lempiniu triodu ir tranzistoriumi principus.



2.16 pav.

2.17 pav.





DŽEIMSAS KLARKAS MAKSVELAS (*James Clark Maxwell*, 1831—1879) — įžymus anglų fizikas. Sukūrė elektromagnetinio lauko teoriją, suformuluotą keliomis matematinėmis lygtimis. Jomis remdamasis, padarė išvadą, kad kintamasis elektrinis laukas ir kintamasis magnetinis laukas yra glaudžiai tarpusavyje susiję ir kartu sudaro elektromagnetinę bangą, sklindančią šviesos greičiu.
Jis taip pat paskelbė darbų iš molekulinės kinetinės dujų teorijos, optikos, tamprumo teorijos, sukūrė fizikinių prietaisų.

2.3. Elektromagnetinių bangų spinduliavimas

Elektromagnetinės bangos samprata

Jau minėjome, kad energijos nuostoliai virpesių kontūre patiriami ne vien dėl jo laidų šilimo. Dalis kontūro energijos išspinduliuojama į aplinką **elektromagnètinėmis bangomìs**. Jų buvimą laisvojoje erdvėje ir sklidimą šviesos greičiu 1865 m. teoriškai numatė anglų fizikas Džeimsas Klarkas Maksvelas. Jis spėjo, kad:

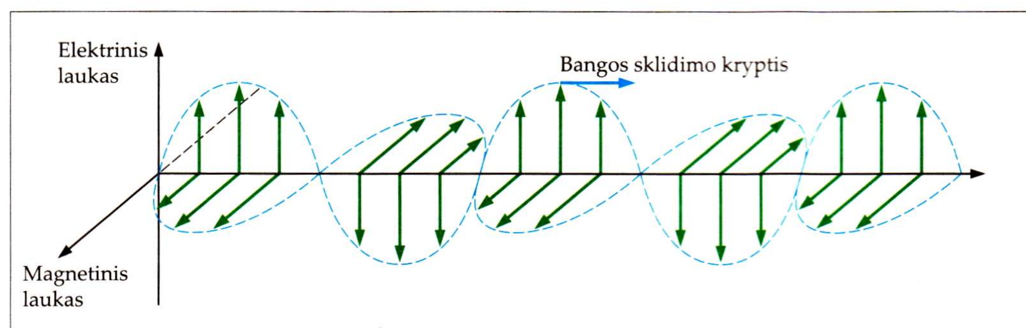
• virpesių kontūre atsiradęs kintamasis elektrinis laukas sukuria kintamąjį magnetinį lauką;

• kintamasis magnetinis laukas savo ruožtu sukuria kintamąjį elektrinį lauką;

• šie periodiškai besikeičiantys laukai (elektrinis ir magnetinis), vadinami **elektromagnètiniu laukù**, sklinda iš vienos erdvės vietos į kitą kaip elektromagnetinė banga (2.18 pav.) 300 000 km/s greičiu (šviesos greičiu).

Praktiškai elektromagnetines bangas 1888 m. gavo jums jau žinomas vokiečių fizikas Heinrichas Hercas. Jo bandymai patvirtino teorinį Maksvelo spėjimą.

2.18 pav.



Antena

Mūsų išnagrinėtas virpesių kontūras (p. 41) energijos išspinduliuoja palyginti mažai, nes jo elektrinis laukas sutelktas nedidelėje erdvės dalyje — tik tarp kondensatoriaus plokštelių. Kad daugiau energijos būtų išspinduliuota, reikia padidinti erdvę tarp plokštelių. Tai įmanoma padaryti tolinant vieną plokštelę nuo kitos (2.19 pav.). Didėjant tarpui tarp jų, elektrinis laukas apims vis didesnę sritį.

Viršutinę kondensatoriaus plokštelę pakeitę viela, o apatinę įžeminę, gausime atvirąjį virpesių kontūrą, kuris radiotechnikoje vadinamas **antenà** (lot. *antenna* — laivo stiebo skersinis). Ji labai stipriai spinduliuoja ir sugeria elektromagnetines bangas.



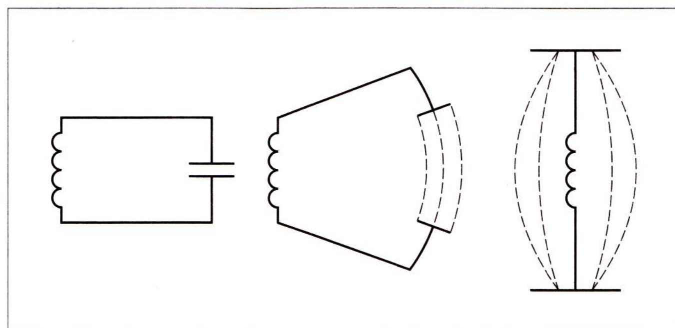
HEINRICHAS HERCAS (*Heinrich Hertz*, 1857—1894) — įžymus vokiečių fizikas. 1888 m. pirmasis bandymais patvirtino elektromagnetinių bangų egzistavimą. Herco tyrimai parodė, kad elektromagnetinėms bangoms būdingas atspindys, lūžis ir interferencija, t. y. kad joms galioja tokie patys dėsniai, kaip ir šviesos bangoms. Herco darbai nulėmė bevielio telegrafo — radijo — atsiradimą.

Elektromagnetinių bangų sklidimo ypatybės

Mechaninėms bangoms būdingi reiškiniai: atspindys, interferencija, difrakcija — vyksta ir sklindant elektromagnetinėms bangoms. Dažniausiai nurodomas elektromagnetinių bangų sklidimo greitis (30 000 km/s) — tai jų sklidimo greitis vakuume. Aplinkoje šios bangos sklinda lėčiau. Radijo ryšiui naudojamos elektromagnetinės bangos, kurių ilgis siekia nuo 100 μm iki 10 km. Jos vadinamos **rãdijo bangomìs** ir skirstomos į:

- ilgąsias (1—10 km);
- vidutines (100 m—1 km);

2.19 pav.





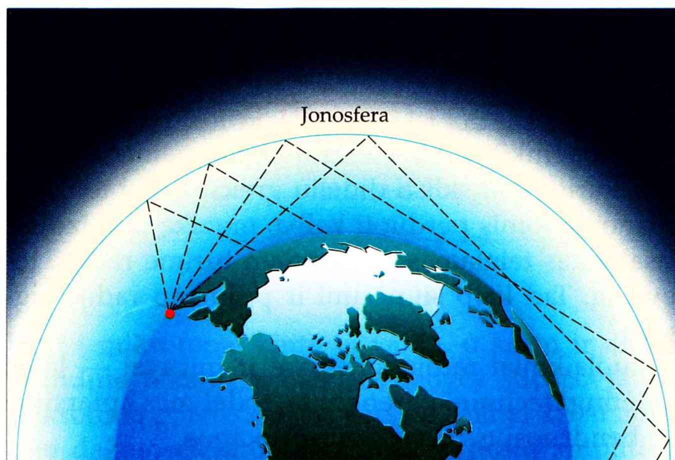
2.20 pav.

- trumpąsias (10—100 m);
- ultratrumpąsias (100 mm—10 m).

Daugelis buityje naudojamų radijo imtuvų veikia visų bangų diapazonu, televizoriai — metrinėmis ir decimetrinėmis, radarai (radiolokatoriai) — centimetrinėmis bangomis. Kartais kai kurios radijo stotys girdimos prastai arba apskritai negirdimos. Pabandysime išsiaiškinti, kodėl taip atsitinka.

Laisvojoje erdvėje radijo bangos sklinda nesutikdamos kliūčių, tuo tarpu Žemės paviršiaus ir atmosferos ypatybės stipriai veikia radijo bangų sklidimą. Ši įtaka priklauso ne tik nuo pakeliui pasitaikančių kliūčių dydžio (difrakcija), bet ir nuo bangų ilgio. Antai ilgosios bangos puikiausiai užlinksta už kalnų grandinės, o trumposios meta „šešėlį“ (2.20 pav.). Kuo ilgesnės bangos, tuo geriau jos apgaubia Žemės rutulį, užtat trumposios beveik neužlinksta už horizonto. Tačiau radijo bangų nešama informacija girdima visame pasaulyje, ko vien dėl difrakcijos negalėtų būti. Galimybę girdėti radiją Žemėje dideliais atstumais lemia atmosferos savybės.

Saulės spinduliai jonizuoja viršutinius Žemės atmosferos sluoksnius (neutralius atomus paverčia jonais). Dėl to susidaro jonosferà — keletas įvairiame aukštyje esančių jonizuotų dujų sluoksnių. Žemiausias iš jų yra 60—85 km aukštyje. Trumposios radijo bangos daug kartų atsispindi nuo jonizuotų sluoksnių ir Žemės paviršiaus, todėl Žemėje gali nusklisti didelius atstumus. Galimą radijo bangų sklidimą atmosferoje vaizduoja 2.21 paveikslas.



2.21 pav.

Užduotys

1. Kosminis laivas skrieja 720 km atstumu nuo Žemės paviršiaus. Per kiek laiko iš to laivo pasiųstas radijo signalas pasiekia Žemę?

2. Elektromagnetinių virpesių periodas stikle lygus 0,4 μs. Apskaičiuokite elektromagnetinių bangų ilgį, kai yra žinoma, kad stiklu jos sklinda 200 000 km/s greičiu.

3. Koks yra 1 km ilgio radijo bangų dažnis?

4. Tarptautinis nelaimės signalas SOS, kurį perduoda skubios pagalbos prašantys laivai ir lėktuvai, siunčiamas 600 m ilgio radijo bangomis. Apskaičiuokite šio signalo dažnį.

5. Lietuvos radijo pirmoji programa transliuojama 451 m ilgio bangomis. Koks yra šių bangų dažnis?

6. Kodėl, radijo ryšiui naudojant trumpąsias bangas, kartais atsiranda tylos zonų?

7. Kodėl, klausantis radijo, girdimas trakštelėjimas, kai kambaryje įjungiamas arba išjungiamas šviestuvas?

8. Kodėl, veikiant elektros skambučiui ar dulkių siurbliui, galimi radijo programų girdimumo trukdžiai?

2.4. Radijo ryšys

Tai įdomu !

• *Pirmosios reguliarios radijo laidos Olándijoje prasidėjo 1919 m., Kanãdoje — 1920 m., JAV — 1921 m., Prancū̃zijoje — 1922 m., Vokietìjoje — 1923 m.*

• *Lietuvoje radijo laidas iš Kauno pradėta transliuoti 1926 m.*

• *Pasaulyje šiuo metu veikia apie 25 000 radijo stočių.*

Susipažinkime su elektromagnetinėmis bangomis, kurios gali sklisti dideliu greičiu labai toli. Gal įmanoma jomis perduoti kalbą, muziką ir vaizdus? Atsakymas teigiamas — šiandien turime radiją, televiziją. Tad kaip siunčiami ir priimami radijo signalai?

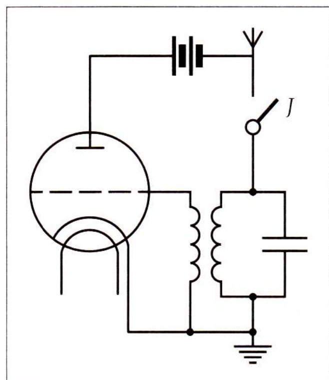
Šiuolaikiniai radijo siųstuvai ir imtuvai — labai sudėtingi techniniai įrenginiai, todėl mes aptarsime tik bendruosius jų veikimo principus.

Radijo siųstuvas

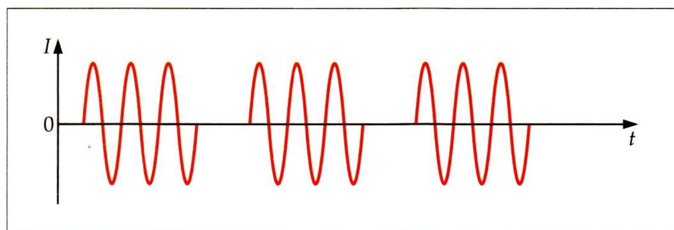
Elektromagnetinių virpesių generatorius (jo schema parodyta 2.11 paveiksle) sukuria aukštojo dažnio elektromagnetinius virpesius, kuriuos antena (p. 49) gali išspinduliuoti greitai ir toli sklindančia elektromagnetine banga. Jeigu į virpesių generatoriaus anodo grandinę įjungsime jungiklį *J* (2.22 pav.), turėsime paprasčiausią radijo siųstuvą. Juo bus galima į erdvę pasiųsti ilgesnius ar trumpesnius bangų „paketus" — impùlsus (2.23 pav.). Kai jungiklis įjungtas, signalas siunčiamas (antena spinduliuoja elektromagnetines bangas), kai išjungtas, nesiunčiamas (bangos nespinduliuojamos). Tai mums jau žinomas telegrafo ryšys, tik čia aprašytu atveju informacija keliauja radijo bangų impulsais, **radiotelegrafù**. Ilgesnis ar trumpesnis signalas imtuve gali reikšti Morzės abėcėlės tašką arba brūkšnį.

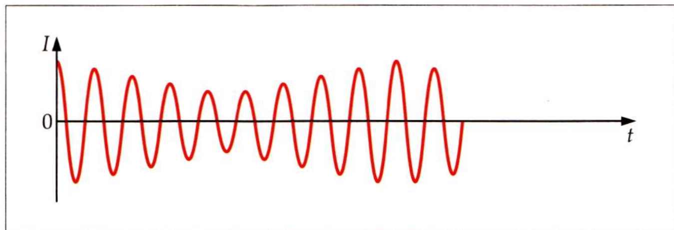
Elektromagnetinių virpesių generatoriaus anodo grandinėje vietoj jungiklio galima įtaisyti mikrofoną (2.25 paveiksle jis pavaizduotas ženklu). Kal-

2.22 pav.

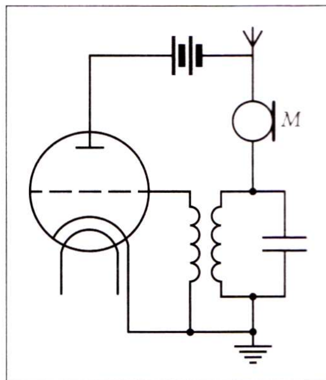


2.23 pav.





2.24 pav.



2.25 pav.

bant į mikrofoną, kinta jo varža, o kartu ir anodo grandine tekančios elektros srovės stipris. Taigi į mikrofoną patenkančiais garsais galima keisti aukštojo dažnio elektromagnetinių virpesių amplitudę (2.24 pav.). Jos kitimo dažnis bus lygus garso virpesių dažniui. Toks aukštojo dažnio virpesių amplitudės keitimas radiotechnikoje vadinamas **amplitùdės moduliãvimu** (lot. *modulatio* — ritmingumas, darnumas), o aukštojo dažnio virpesiai, kurių amplitudė kinta garso virpesių dažniu, — **moduliúotaisiais virpesiais** (žr. 2.24 pav.).

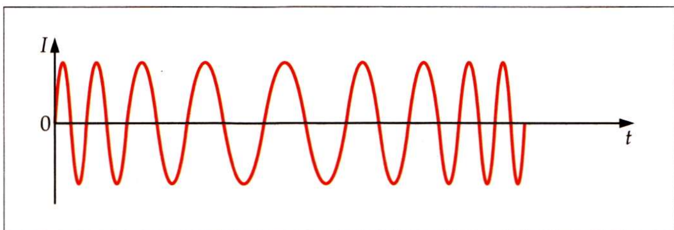
Esant atitinkamai įrangai, į siųstuvą patenkančiu garso signalu galima keisti ir virpesių dažnį. Toks virpesių dažnio keitimas vadinamas **dãžnio moduliãvimu**. 2.26 paveiksle parodytas šitaip moduliuotas signalas. Perduodamas jis mažiau reaguoja į trikdžius.

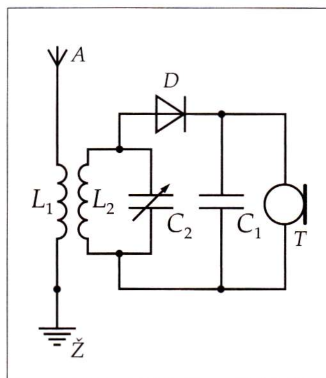
Radijo imtuvas

Radijo imtuvais „pagauname" radijo stočių siunčiamas moduliuotąsias elektromagnetines bangas ir išskiriame jų atneštą informaciją, kurią girdime kaip kalbą ar muziką.

Radijo imtuvai būna įvairiausių konstrukcijų, tačiau visų jų veikimo principas panašus.

2.26 pav.





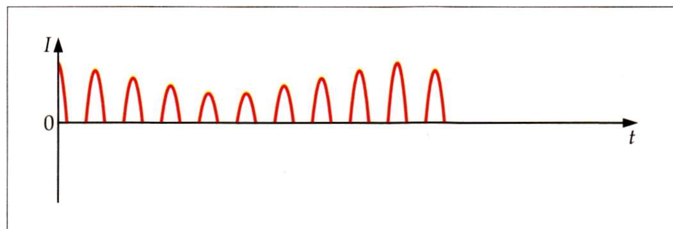
2.27 pav.

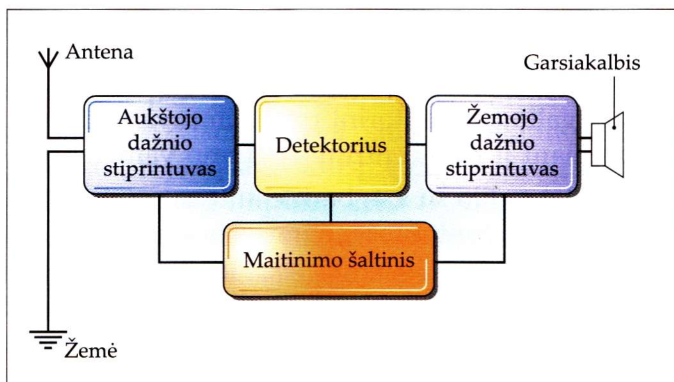
Paprasčiausias yra **detektorìnis** (lot. *detector* — atidengėjas) **rãdijo imtùvas**. Principinė jo schema pavaizduota 2.27 paveiksle. Šis imtuvas neturi jokių stiprinimo elementų ir srovės šaltinio. Jam pakanka tos energijos, kurią atsineša elektromagnetinės bangos.

Visų radijo stočių siunčiamas elektromagnetines bangas priima atvirasis virpesių kontūras, sudarytas iš antenos *A*, ritės L_1 ir įžeminimo *Ž*. Pasiekusios anteną, bangos dėl elektromagnetinės indukcijos sukuria joje srovę. Atvirasis virpesių kontūras per ritę L_2 turi ryšį su radijo imtuvo kontūru, kurio virpesių dažnį galima keisti keičiant kondensatoriaus C_2 talpą. Tai darome sukdami radijo imtuvo derinimo rankenėlę. Elektromagnetinės bangos indukuoja imtuvo kontūre aukštojo dažnio moduliuotuosius elektromagnetinius virpesius. Jeigu jų dažnis sutampa su kontūro virpesių dažniu $\left(\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}\right)$, įvyksta rezonansas — labai smarkiai padidėja virpesių kontūre amplitudė. Taigi iš daugybės antenoje sužadintų virpesių kontūras išskiria reikiamo dažnio virpesius — imtuvas suderinamas su norima radijo stotimi. Paskui iš aukštojo dažnio moduliuotųjų virpesių išskiriami garsinio dažnio virpesiai. Tam naudojamas **detèktorius** *D* — įrenginys, praleidžiantis srovę tik viena kryptimi. Detektoriumi gali būti diodas.

Aukštojo dažnio moduliuotoji srovė (žr. 2.22 pav.), perėjusi detektorių, virsta vienos krypties pulsuojančiąja srove (2.28 pav.), kuri pasiekia lygiagre-

2.28 pav.





2.29 pav.

čiai sujungtus telefoną T (ausines) ir kondensatorių C_1 (žr. 2.27 pav.). Čia ji išsišakoja: kondensatoriumi teka pulsuojančioji aukštojo dažnio srovė, o telefonu T — žemojo (garsinio) dažnio srovė, mat telefono elektromagneto ritė blogai praleidžia aukštojo dažnio srovę (ritės varža tai srovei yra didelė), o kondensatorius — žemojo garsinio dažnio srovę. Garsinio dažnio srovė verčia virpėti telefono membraną, taigi elektromagnetiniai virpesiai vėl virsta garsais, kurie buvo perduoti į mikrofoną. Pro ausines girdime radijo stoties siunčiamus signalus.

Sudėtingesnių radijo imtuvų sandarą galima pavaizduoti **struktūrine schemà** (2.29 pav.). Joje nevaizduojamos visos imtuvo detalės, o tik abstrakčiai nurodomos pagrindinės dalys.

Užduotys ??

1. Koks yra kontūre vykstančių virpesių dažnis, kai ritės induktyvumas $2 \cdot 10^{-3}$ H, o kondensatoriaus talpa $2 \cdot 10^{-11}$ F?

2. Kaip galima padidinti kontūro laisvųjų virpesių dažnį?

3. Dėl kokios energijos detektorinio radijo imtuvo kontūre vyksta virpesiai?

4. Ar kinta laikui bėgant pulsuojančiosios srovės kryptis; stipris?

5. Ką reiškia posakis: „Vilniaus radijas dirba 451 m ilgio bangomis“?

6. Ar galima detektorinį radijo imtuvą įžeminti prijungiant jį prie centrinio šildymo vamzdžių?

7. Kodėl radijo su kambarine antena priimamos laidos gelžbetoniniuose namuose yra girdimos prastai?

8. Radijo imtuvo virpesių kontūrą, kurio ritės induktyvumas 0,5 mH, reikia suderinti su 1 MHz dažniu. Kokią kondensatoriaus talpą teks parinkti šiam kontūrui?

2.5. Televizija. Radiolokacija

Televizijos samprata

Televìzija (gr. *tele* — tolumoje, toli + lot. *visio* — regėjimas) — tai judamų ir nejudamų objektų atvaizdų perdavimas per atstumą laidais ar radijo bangomis. Šiandien jos neįmanoma atsieti nuo mūsų buities. Spustelėjus televizoriaus jungiklį, ekranas nušvinta ir mes, pasirinkę norimą kanalą, klausomės žinių, muzikos, žiūrime net kitame pasaulio krašte vykstančias krepšinio ar futbolo rungtynes ir t. t. Kokiu principu veikia televizija? Pabandysime atsakyti tik bendrais bruožais.

Televizijos laidų perdavimo ir priėmimo procesą galima suskirstyti į tris svarbiausius etapus:

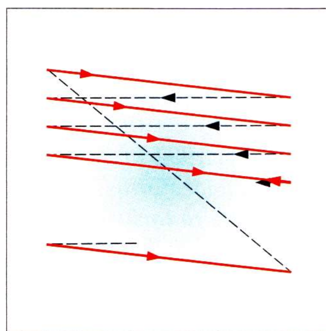
- daikto optinio atvaizdo pavertimą elektriniais signalais;
- elektrinių signalų perdavimą ryšio priemonėmis;
- elektrinių signalų pavertimą atvaizdais televizoriuje.

Daikto optinis atvaizdas televizijos perdavimo kameroje suprojektuojamas į elektroninio vamzdžio (prisiminkite, jį nagrinėjote IX klasėje) ekraną, su-

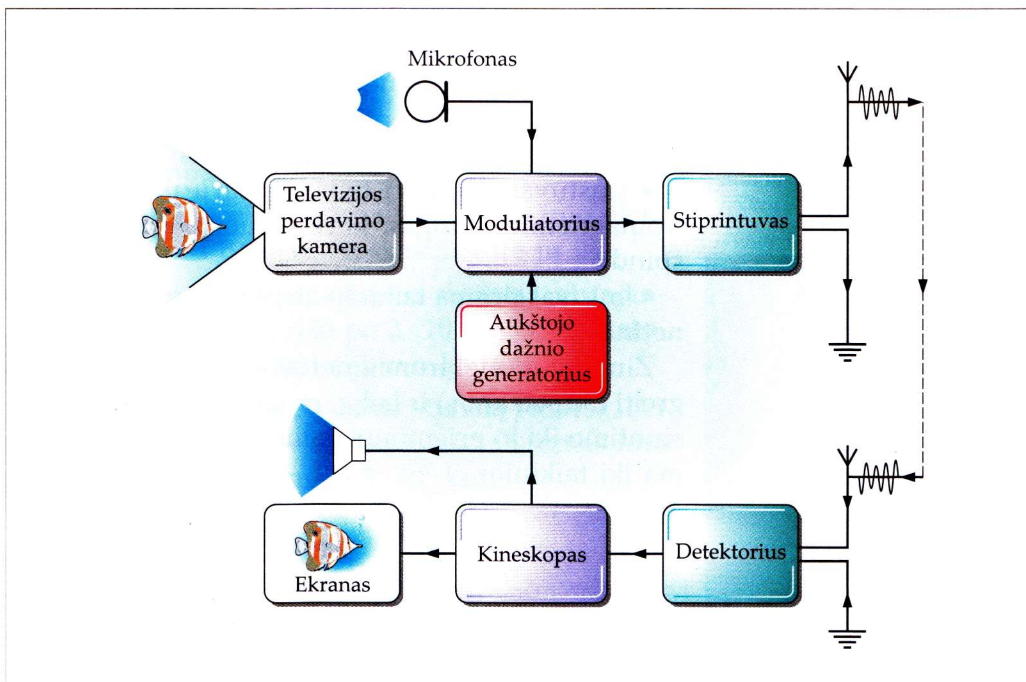
Tai įdomu !

- *Reguliarios televizijos transliacijos elektronine sistema pradėtos Didžiõjoje Britãnijoje ir Vokietìjoje 1936 m.*
- *Lietuvos televizija savo darbą pradėjo 1957 m.*
- *Lietuvos televizijos tinklą sudaro Vìlniaus televizijos centras, Vilniaus, Kaũno, Klaĩpėdos, Šiauliũ ir Anykščiũ (Viešintų) televizijos stotys, mažos galios Ignalìnos, Pãnevėžio, Tauragės, Jùrbarko, Raséinių, Marijampolės, Alytaũs ir kt. retransliatoriai. Visos stotys tarpusavyje sujungtos radiorelinėmis ryšio linijomis.*
- *Spalvotoji televizija Jungtìnėse Amèrikos Valstìjose atsirado 1953 m., Lietuvoje — 1975 m.*

darytą iš daugybės šviesiai jautrių elementų. Įvairiai apšviesti, jie įgyja skirtingą krūvį. Elektroninis spindulys per vieną sekundę 25 kartus nuosekliai apibėga visus šviesai jautraus ekrano taškus (2.30 pav.) ir jame atsiradusį „elektrinį atvaizdą" paverčia elektrinių impulsų seka — vaizdo signalais. Paskui generatoriaus sukurti aukštojo dažnio virpesiai moduliuojami šiais signalais ir sustiprinti siunčiami į imtuvą. Moduliuotoji elektromagnetinė banga perduoda informaciją dideliais atstumais. Vaizdo signalai siunčiami ultratrumposiomis bangomis. Jas galima priimti tik antenos tiesioginio matomumo srityje, todėl televizijos laidoms perduoti dideliais atstumais reikia aukštų televizijos bokštų ir retransliãtorių (lot. *re* — veiksmo atnaujinimą ar pasikartojimą reiškiantis priešdėlis + *transliatio* — pernešimas, perdavimas). Kai televizijos bokšto aukštis siekia 200—350 m, o siųstuvų galia — 5—50 kW, vaizdo signalai gerai priimami 100 km atstumu. (Vilniaus televizijos bokštas yra 326 m aukščio.) Retransliacijai dideliais atstumais naudojami dirbtiniai Žemės palydovai.


2.30 pav.

2.31 pav.



Tai įdomu !

• *Radiolokacijos idėja pirmą kartą užpatentuota Vokietijoje 1904 m.*

• *Radiolokatorius dažnai vadinamas **radarù** pagal šio įrenginio angliško pavadinimo „**Ra**dio **d**etecting **a**nd **r**anging" („Aptikimas ir nuotolio nustatymas radiju") pirmąsias raides.*

Imtuve (televizoriuje) vyksta atvirkščias procesas. Aukštojo dažnio moduliuotieji virpesiai čia detektuojami, t. y. vėl atverčiami į daiktų optinius atvaizdus, kurie susidaro elektroninio vamzdžio — kineskòpo — ekrane.

2.31 paveiksle pavaizduota bendra televizinio ryšio schema.

Kintantys atvaizdai perduodami kino principu — kas sekundę 25 kadrai mažai besiskiriančių judančio objekto atvaizdų. Kiekvienas kadras mūsų sąmonėje išlieka apie $\frac{1}{16}$ s, todėl kai ekrane kadrai keičiasi dažniau, juos suvokiame ne kaip atskirus, o kaip nenutrūkstamą judantį atvaizdą.

Spalvoti atvaizdai gaunami perduodant tris signalus, kurie perneša informaciją ir trimis pagrindinėmis spalvomis: raudona, žalia ir mėlyna.

Radiolokacija

Radijo bangos naudojamos ne tik radijo ryšiui ar atvaizdams perduoti. Jos puikiausiai tinka įvairiems objektams aptikti ir jų buvimo vietai nustatyti. Objektų aptikimas ir atstumo iki jų matavimas naudojant radijo bangas vadinamas **radiolokãcija** (lot. *radio* — spinduliuoju + *locatio*, kilęs iš *locus* — vieta). Ji pagrįsta elektromagnetinių bangų atspindžiu nuo kūnų paviršiaus (2.32 pav.). Svarbiausios radiolokatoriaus dalys yra siųstuvas ir imtuvas:

• siųstuvas siunčia į taikinį siauru pluoštu elektromagnetines bangas, kurios nuo to taikinio atsispindi;

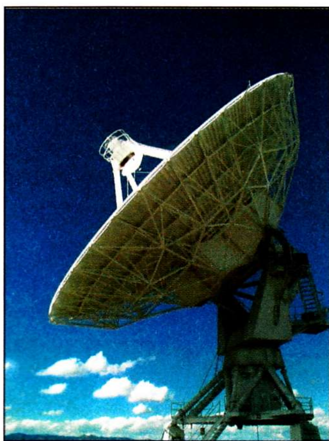
• imtuvas priima taikinio atspindėtas elektromagnetines bangas.

Žinodami elektromagnetinės bangos sklidimo greitį (30 000 km/s) ir laiką, praėjusį nuo signalo pasiuntimo iki jo priėmimo, galime apskaičiuoti atstumą iki taikinio:

$$2s = ct;$$

$$s = \frac{ct}{2}.$$

2.32 pav.

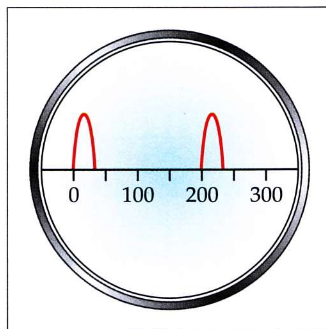


Radijo bangos paprastai siunčiamos trumpais impulsais, o jų pasiuntimo ir grįžimo momentai fik-

suojami ekrane (2.33 pav.). Kad dėl difrakcijos neapeitų kliūčių, bangos turi būti labai trumpos.

Radiolokatoriai naudojami lėktuvams sekti — jų skrydžiams valdyti. Jie padeda nustatyti laivų vietą ir judėjimo kryptį, plačiai taikomi meteorologijoje: matuojamas vėjo greitis aukštutiniuose atmosferos sluoksniuose, tiriamas debesų susidarymas, liūtys ir audros. Jais galima stebėti paukščių migraciją. Radiolokatoriais buvo išmatuotas atstumas iki Mėnulio ir Saulės sistemos planetų. Be radiolokatorių būtų neįmanomi ir kosminiai skrydžiai.

Platus radiolokatorių taikymas pagrįstas dar ir tuo, kad meteorologinės sąlygos beveik neturi įtakos jų darbui. Jie vienodai gerai veikia bet kuriuo paros metu.



2.33 pav.

Užduotys

1. Televizijos laidų priėmimo nuotolį galima padidinti statant vis aukštesnius televizijos bokštus, įrengiant retransliacines stotis, panaudojant dirbtinius Žemės palydovus. Kokie yra šių būdų privalumai ir trūkumai?

2. Per 40 ms elektroninis spindulys pralekia 625 televizoriaus ekrano eilutes, kurių kiekvienos ilgis 56 cm. Kokiu greičiu bėga spindulys?

3. Kodėl radiolokatorius siunčia signalus ne ištisai, o trumpais impulsais?

4. Radiolokatorius siunčia 10^{11} Hz dažnio elektromagnetines bangas. Apskaičiuokite jų ilgį.

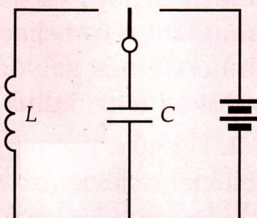
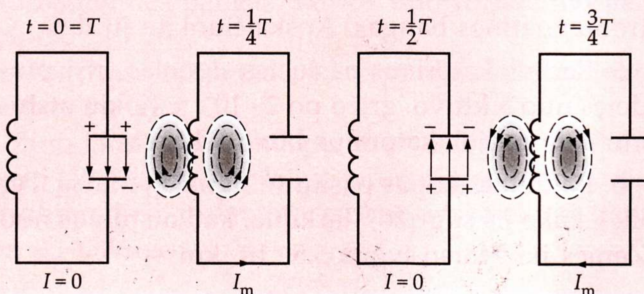
5. Radiolokatoriaus pasiųstas signalas, atsispindėjęs nuo lėktuvo, grįžo po $2 \cdot 10^{-3}$ s. Kokiu atstumu nuo radiolokatoriaus buvo lėktuvas?

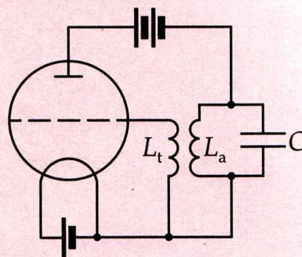
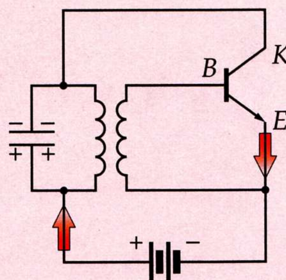
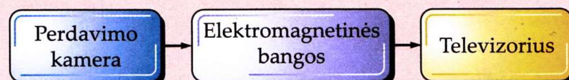
6. Radioteleskopas pasiuntė signalą į Marsą. Per kiek laiko jis sugrįžo? Tarkime, kad atstumas nuo Žemės iki Marso lygus $5{,}5 \cdot 10^7$ km.

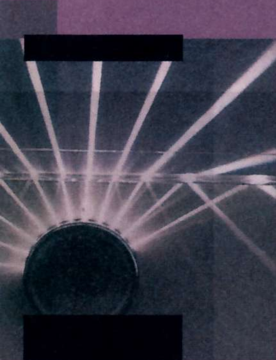
Tai įdomu

• *Afrikos upėse gyvena žuvis, vadinama ilgasnuke. Ji vienodu greičiu gali plaukti ir pirmyn, ir atgal. Judėdama atbulai, ši žuvis puikiai aplenkia jai nematomas kliūtis. Maisto ji ieško giliai į dumblą panardinusi galvą. Nors ir negali matyti prisiartinančio priešininko, ji labai gerai jaučia pavojų ir, metusi ieškoti maisto, pabėga. Tokią ilgasnukės elgseną lemia jos uodegoje esantis raumeninis elektros generatorius, kuris 100 kartų per minutę siunčia elektros signalus į visas puses. Atsispindėję nuo aplinkos daiktų, jie priimami prie nugaros smegenų pagrindo esančiu organu ir lemia tolesnę žuvies elgseną.*

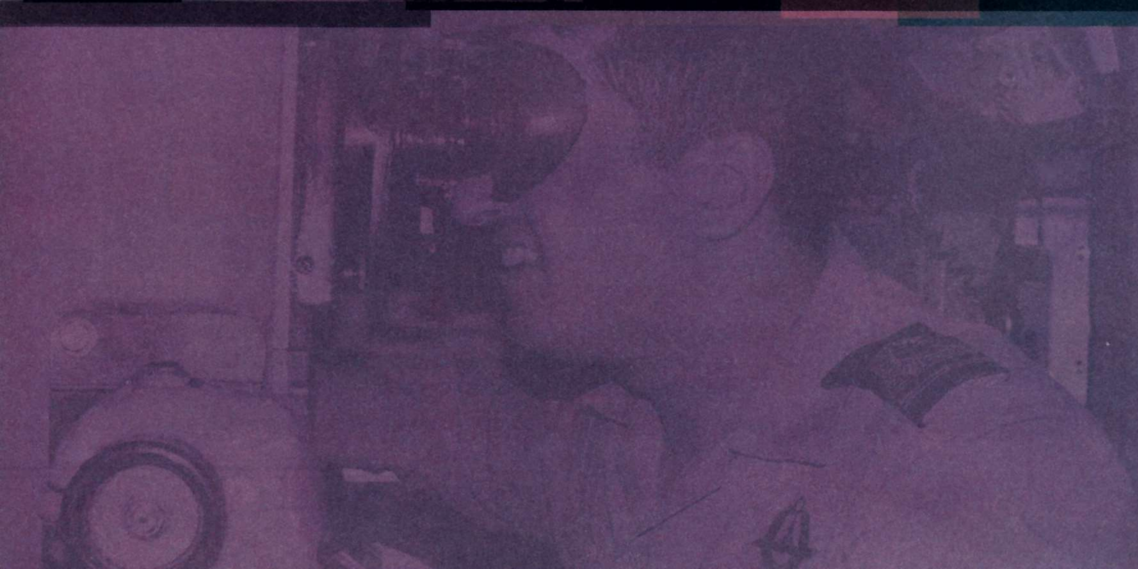
Skyriaus „Elektromagnetiniai virpesiai ir bangos" santrauka

Elektromagnetiniai virpesiai	Periodiškas elektrinio ir magnetinio lauko kitimas dideliu dažniu vadinamas elektromagnetiniais virpesiais. Tai ne kas kita, kaip: • elektros krūvio kitimas; • elektros srovės stiprio kitimas; • įtampos kitimas elektros grandinėje. Elektromagnetiniai virpesiai gali būti: • slopinamieji; • neslopinamieji. Slopinamieji sukeliami virpesių kontūre, neslopinamieji — lempiniame arba tranzistoriniame generatoriuje.
Virpesių kontūras $C = \frac{q}{U}$ $[C]$ = 1 F	Virpesių kontūrą sudaro kondensatorius, t. y. įrenginys, kaupiantis elektros krūvį, ir prie jo plokštelių prijungta ritė.  Kondensatoriaus savybė kaupti elektros krūvį apibūdinama fizikiniu dydžiu, vadinamu kondensatoriaus elektrine talpa *C*. Jos matavimo vienetas yra faradas. 
Tomsono formulė $T = 2\pi\sqrt{LC}$	Kontūre vykstančių virpesių periodas priklauso nuo kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo.

Elektromagnetinių virpesių generatorius	Jis gali būti lempinis arba tranzistorinis. Lempinį generatorių sudaro triodas, virpesių kontūras, ritė, įjungta į tinklelinio elektrodo grandinę, ir anodo bei katodo grandinių maitinimo šaltiniai.  Tranzistorinį generatorių sudaro tranzistorius, virpesių kontūras, su jo rite susieta indukcinė ritė ir nuolatinės srovės šaltinis. 
Radijo ryšio schema	Siųstuve generatoriaus sukelti aukštojo dažnio virpesiai moduliuojami garsinio dažnio virpesiais.  Imtuvas pagauna siųstuvo spinduliuojamas bangas ir paverčia jas garsinio dažnio virpesiais.
Televizijos laidų perdavimo schema	Perdavimo kameroje optinis daikto atvaizdas paverčiamas elektriniais signalais. Televizoriuje šie signalai vėl paverčiami daikto atvaizdu. 
Radiolokacija	Radiolokacija vadinamas įvairių objektų aptikimas ir atstumo iki jų matavimas naudojant radijo bangas. Ji pagrįsta elektromagnetinių bangų atspindžiu.



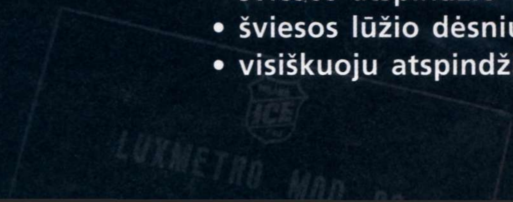
SEKONIC

3 Šviesos sklidimas, atspindys ir lūžis

Šiame skyriuje prisiminsite:
- šviesos šaltinius;
- skaidrius ir neskaidrius kūnus;
- šešėlių susidarymą;
- tiesiaeigį šviesos sklidimą.

Susipažinsite su:
- šviesos greičio nustatymo būdais;
- fotometrijos sąvokomis: šviesos stipriu, šviesos srautu, paviršiaus apšvieta;
- šviesos atspindžio dėsniu;
- šviesos lūžio dėsniu;
- visiškuoju atspindžiu.



3.1. Šviesos sklidimas

Optika

Šviesos reiškinius tiria sena fizikos mokslo šaka, vadinama **òptika** (gr. *optikē* — regėjimo mokslas). Tokius reiškinius jau pradėjote nagrinėti ir jūs, mokydamiesi fizikos VII klasėje. Susipažinote su šviesos šaltiniais (gamtiniais ir dirbtiniais), skaidriais ir neskaidriais kūnais, apšviestais daiktais. Sužinojote, kad šviesos spinduliu fizikoje įprasta vadinti tik tiesią liniją, kuria skaidrioje vienalytėje terpėje sklinda šviesa. Šviesos spindulį galima nusakyti ir kaip liniją, kuria plinta šviesos energija.

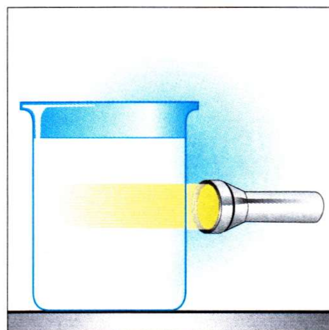
Linija — geometrijos sąvoka, ir šviesos spindulys yra ne kas kita, kaip modelis. Optikos dalis, kuri nagrinėja šviesos sklidimą skaidriomis terpėmis remdamasi šviesos spindulio sąvoka, vadinama **geomètrine òptika**.

Tiesiaeigio šviesos sklidimo dėsnis

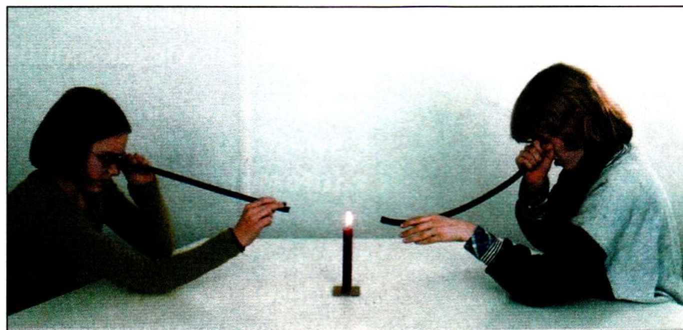
Kad šviesa sklinda tiesiai, žinota jau žiloje senovėje. Maždaug 300 m. pr. Kr. apie tai rašė graikų matematikas Euklidas (*Euklides*) savo veikale „Optika". Manoma, kad tiesiaeigio šviesos sklidimo dėsnis buvo žinomas ir anksčiau.

Stebėdami pro užuolaidų plyšį į kambarį prasiskverbusios šviesos kelią ar apšviestų neskaidrių

3.1 pav.



3.2 pav.



daiktų šešėlius, jau įsitikinote, jog šviesa sklinda tiesiai. Šį dėsnį patvirtina ir paprasčiausi bandymai.

1 bandymas. Platų indą pripilkime baltinto vandens ir į jį nukeipkime iš kišeninio žibintuvėlio sklindantį šviesos pluoštą (3.1 pav.). Vandenyje aiškiai matysime tiesų apšviestą ruožą.

2 bandymas. Paimkime keliolikos centimetrų ilgio guminę ar plastikinę žarną ir žiūrėkime pro ją į degančią žvakę ar šviečiančią elektros lemputę (3.2 pav.). Kai žarną ištiesiname, žvakės liepsna ar šviečianti lemputė matyti, kai sulenkiame — ne.

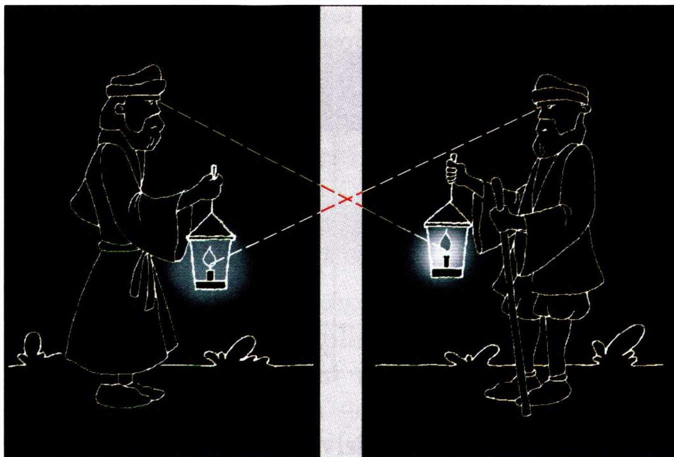
Šviesos greitis

Įjungus kambaryje elektros lemputę, iš karto nušvinta visos kambario kertės. Atrodo, šviesa akimirksniu pasiekia bet kurį kambario tašką. Ar ji iš tikrųjų sklinda begaliniu greičiu? Atsakymo į šį klausimą ieškota ne vieną šimtmetį.

Manoma, kad labai didelį, tačiau baigtinį šviesos greitį pirmasis nurodė arabas Alhazenas (sulotyninta *Ibn al Chaisamo* pavardė, 965—1039).

Šviesos sklidimo greitį bandymais mėgino nustatyti italų fizikas ir astronomas Galilėjas Galilėjus (*Galileo Galilei*, 1564—1642). Du stebėtojai su žibintais naktį buvo pastatyti keleto kilometrų atstumu vienas nuo kito (3.3 pav.). Iš pradžių savąjį

3.3 pav.



žibintą atidengdavo pirmasis stebėtojas, paskui, išvydęs pirmojo šviesą, — antrasis. Pastarojo žibinto šviesą vėl fiksuodavo pirmasis stebėtojas. Jis ir nustatydavo šviesos sklidimo trukmę. Išmatavus atstumą tarp stebėtojų (šviesa nusklisdavo dvigubai ilgesnį nuotolį — pirmyn ir atgal), nesunku apskaičiuoti šviesos sklidimo greitį. Vis dėlto tai padaryti beveik neįmanoma, nes nepavyksta tiksliai nustatyti šviesos sklidimo trukmės — tokiu atstumu ji yra pernelyg maža.

1676 m. danų astronomas Olas Remeris (*Olas Römer*) pagal Jupiterio palydovo Ijò (*Io*) užtemimų ankstėjimo ir vėlavimo trukmę ištyrė, kad šviesai nueiti 300 000 000 km atstumą tarp dviejų priešingų Žemės orbitos taškų reikia apie 1000 s. Vadinasi, šviesos greitis maždaug lygus 300 000 km/s. Naujausiais duomenimis, tiksli jo vertė vakuume yra 299 792 458 m/s.

Šviesos greitis priklauso nuo medžiagos, kuria ji sklinda. Pasirodo, kiekvienoje terpėje jis yra mažesnis negu vakuume. Perėjusios iš vakuumo į bet kokią skaidrią terpę šviesos greitis sumažėja. Jei šviesa iš tos terpės vėl patenka į vakuumą, jos greitis padidėja. Terpę apibūdina jos **òptinis tañkis**. Kuo didesnis terpės optinis tankis, tuo mažesniu greičiu ja sklinda šviesa. Terpės, kuriose šviesos greitis yra pastovus, vadinamos **vienalýtėmis**. Lentelėje pateikiame šviesos sklidimo greičio kai kuriose terpėse vertes.

Šviesos greitis įvairiose terpėse

Terpė	Šviesos greitis, km/s	Terpė	Šviesos greitis, km/s
Anglies disulfidas	184 000	Kanados balzamas	198 000
Deimantas	124 000	Oras	300 000
Glicerinas	204 000	Stiklas	60 000—200 000
Ledas	229 000	Vanduo	225 000

Užduotys

1. Vidutinis atstumas nuo Žemės iki Saulės yra apie 150 000 000 km. Per kiek laiko Saulės šviesa pasiekia Žemę?

2. Žemės pusiaujas yra maždaug 40 000 km ilgio. Jei būtų įmanoma šviesos spindulį nukreipti išilgai pusiaujo:

a) kiek kartų jis apskrietų Žemę per 1 s;

b) per kiek laiko jis apskrietų Žemę vieną kartą?

3. Astronomijoje atstumai paprastai matuojami nuotoliu, kurį šviesa vakuume nueina per metus. Šis atstumas vadinamas *šviẽsmečiu* ir sutrumpintai žymimas šm. Išreikškite jį kilometrais.

4. Šiaurinė žvaigždė nutolusi nuo Žemės per 250 šm. Išreikškite šį atstumą kilometrais (žr. 3 užduotį).

5. Per kiek laiko automobilis 100 km/h greičiu nuvažiuotų tokį pat atstumą, kokį šviesa nueina per 1 s?

3.2. Fotometrija

Šviesos šaltiniai ir apšviesti kūnai apibūdinami keletu fizikinių dydžių, kuriuos nagrinėja optikos skyrius, vadinamas **fotomètrija** (gr. *phos* (kilm. *photos*) — šviesa + *metreo* — matuoju). Susipažinkime su trimis fotometrijos dydžiais: šviesõs stipriù, šviesõs srautù ir pavir̃šiaus apšvietà.

Šviesos stipris

Stebėdami įvairius šviesos šaltinius, matome, kad jie skirtingai apšviečia aplinkos daiktus. Pavyzdžiui, degantis degtukas labai menkai apšviečia tamsų kambarį, žvakės liepsna — šiek tiek labiau, o 100 W galios lemputė — jau visiškai gerai. Todėl galima

Tai įdomu !

- *Kuriant platininį kandelos etaloną, atsirado didelių sunkumų, todėl tik 1948 m. buvo pasirengta pereiti prie naujo šviesos stiprio vieneto — kandelos.*
- *Iki 1948 m. vartotas nesisteminis šviesos stiprio vienetas — žvãkė. Plačiausiai žinomos buvo šios žvakės: Viòlio žvakė (0,903 cd; vartota 1881—1893 m.) ir Hèfnerio žvakė (0,903 cd; 1893—1948 m. vartota Vokietijoje, Áustrijoje, Šveicãrijoje, Skandinãvijos šalyse).*

teigti, kad šviesos šaltiniai spinduliuoja nevienodu intensyvumu. Šaltinio spinduliavimo intensyvumui apibūdinti vartojamas fizikinis dydis **šviesõs stìpris**. Kaip ir garso stipris, jis žymimas raide *I*. Šviesos stiprio matavimo vienetas vadinamas *kandelà* (lot. *candela* — žvakė) ir sutrumpintai žymimas cd:

$$[I] = 1 \text{ cd}.$$

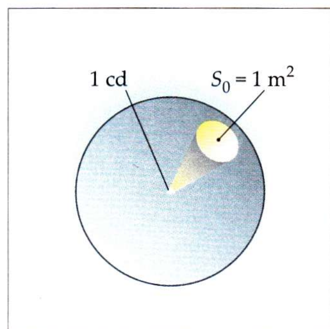
Tai vienas iš septynių pagrindinių tarptautinės sistemos (SI) vienetų (žr. VII kl. fizikos vadovėlio p. 27). Kandela yra stipris tokios šviesos, kurią spinduliuoja $\frac{1}{60}$ cm^2 ploto platininio kandèlos etalono anga platinos kietėjimo temperatūroje, kai slėgis lygus 101 325 Pa.

Šviesos srautas

Sklisdama šviesa perneša energiją. Ją apibūdina **šviesõs sraũto** sąvoka. Šviesos srautas nusako, kiek energijos šviesa atneša į kokio nors kūno paviršiaus plotą *S* per 1 s. Šviesos srautas žymimas graikiška raide Φ[1]. Jo matavimo vienetas vadinamas *liùmenu* (lot. *lumen* — šviesa) ir sutrumpintai žymimas simboliu lm:

$$[\Phi] = 1 \text{ lm}.$$

3.4 pav.



Įsivaizduokime tuščiavidurį rutulį, kurio spindulys R = 1 m. Sakykime, šio rutulio centre yra 1 cd stiprio taškinis šviesos šaltinis (t. y. toks šaltinis, kurio matmenų galima nepaisyti), skleidžiantis šviesą visomis kryptimis. Energijos srautą, kurį 1 cd stiprio šaltinio šviesa atneša į tokio rutulio paviršiaus ploto dalį S_0 = 1 m^2 (3.4 pav.), susitarta vadinti 1 lm.

Apskaičiuokime, kokį šviesos srautą visomis kryptimis skleidžia 1 cd stiprio šaltinis. Rutulio paviršiaus plotas išreiškiamas formule $S = 4\pi R^2$. Mūsų įsivaizduojamo rutulio spindulys R = 1 m, o jo paviršiaus plotas

$$S = 4\pi \text{ m}^2 \approx 4 \cdot 3{,}14 \text{ m}^2 \approx 12{,}57 \text{ m}^2.$$

Taigi šaltinis, kurio šviesos stipris 1 cd, spinduliuoja apytiksliai 12,57 lm šviesos srautą.

[1] Atkreipkite dėmesį, kad ta pačia raide žymėjome ir magnetinį srautą.

Paviršiaus apšvieta

Kambaryje kabančio sietyno elektros lemputė įvairių daiktų paviršių apšviečia nevienodai: esančių arti jos — labiau, tolimesnių — mažiau. Įjungus dvi ar daugiau sietyno lempučių, daiktų paviršius apšviečiamas stipriau negu viena lempute. Šviesos srautas, tenkantis vienetiniam paviršiaus plotui, vadinamas paviršiaus **apšvietà**. Apšvietą pažymėję raide *E*, šviesos srautą — Φ, o plotą — *S*, galime parašyti:

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

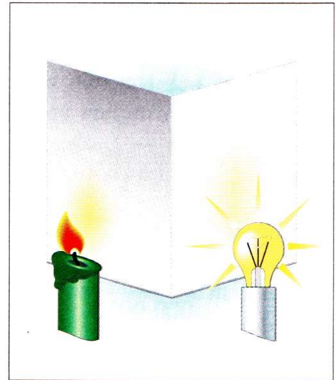
Apšvietos matavimo vienetas vadinamas *liuksù* (lot. *lux* — šviesa) ir sutrumpintai žymimas lx:

$$[E] = \frac{\mathbf{1\ lm}}{\mathbf{1\ m^2}} = \mathbf{1\ lx.}$$

1 lx — tai paviršiaus apšvieta, kurią sukelia 1 lm šviesos srautas, krintantis į 1 m^2 ploto paviršių.

Bandymais ištirsime, nuo ko priklauso paviršiaus apšvieta.

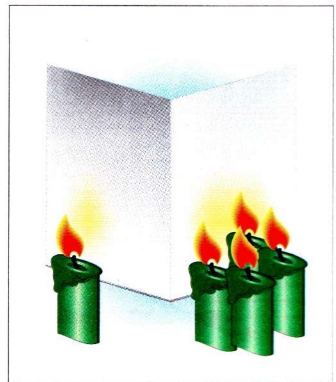
1 bandymas. Stačiuoju kampu pusiau sulenktą balto popieriaus lapą pastatykime briauna į stebėtoją. Vieną lapo pusę apšvieskime žvake, kitą — elektros lempute (3.5 pav.). Žvakę ir lemputę pastatykime vienodu atstumu nuo popieriaus lapo. Matome, kad elektros lemputės apšviesta lapo dalis yra gerokai šviesesnė už apšviestą žvakės. Akivaizdu, jog lemputės skleidžiamos šviesos stipris didesnis negu žvakės.



3.5 pav.

Bandymą pakartokime, tačiau dabar vietoj lemputės pastatykime keletą žvakių (3.6 pav.). Ir vėl stipresnio šaltinio (žvakių grupės) sukeliama popieriaus apšvieta bus didesnė.

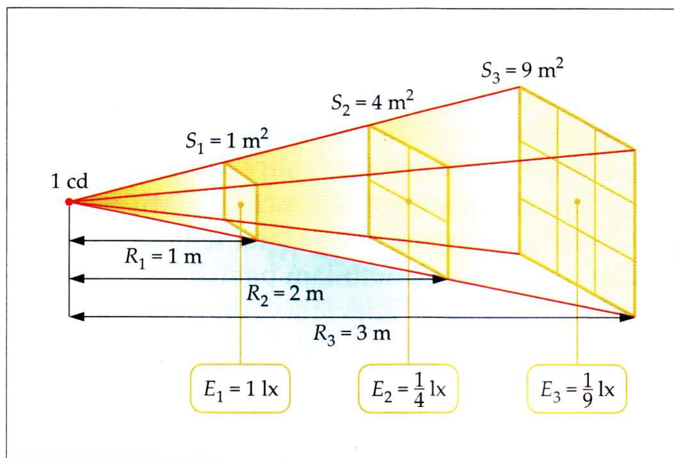
3.6 pav.



Taigi *paviršiaus apšvieta yra tiesiogiai proporcinga į tą paviršių krintančios šviesos stipriui*:

$$E \sim I.$$

2 bandymas. Tęskime 1 bandymą (3.5 ir 3.6 pav.), tačiau žvakę palikime stovėti toje pačioje vietoje, o lemputę (arba kelias žvakes) stumkime tolyn nuo



3.7 pav.

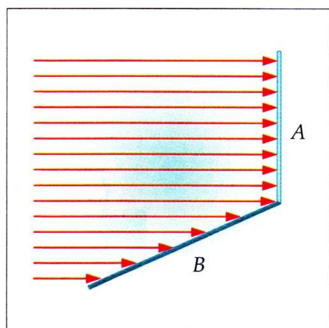
lapo. Matome, kad, didėjant atstumui, apšvieta mažėja. Tiksliau šią priklausomybę paaiškina iš taškinio 1 cd stiprio šviesos šaltinio sklindančios šviesos piramidė (3.7 pav.). Iš paveikslo matyti, kad *paviršiaus apšvieta yra atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šviesos šaltinio kvadratui*:

$$E \sim \frac{1}{R^2}.$$

Apibendrindami bandymų rezultatus, galime padaryti tokią išvadą. **Kai šviesa krinta statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šaltinio šviesos stipriui ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo paviršiaus kvadratui:**

$$E = \frac{I}{R^2}.$$

3.8 pav.

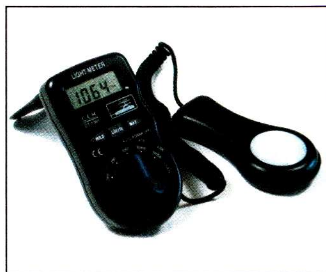


Be to, apšvieta priklauso nuo šviesos spindulių kritimo kampo. Kai jie krinta statmenai, paviršiaus apšvieta esti didžiausia.

3 bandymas. Balto popieriaus lapą sulenkime bukuoju kampu ir į jį nukreipkime to paties šaltinio šviesą (3.8 pav.). Lapo dalis *A* bus apšviesta labiau negu dalis *B*.

Liuksmetras

Apšvieta matuojama specialiu prietaisu, vadinamu **liuksmetrù** (3.9 pav.). Jame įvairi paviršiaus apšvieta sukuria skirtingo stiprio elektros srovę, mat srovės stipris tiesiogiai proporcingas apšvietai. Dėl to prietaisą galima sugraduoti liuksais. Toliau lentelėje pateikiame kai kurias rekomenduojamas paviršių apšvietos normas.



3.9 pav.

Rekomenduojamos apšvietos normos naudojant kaitinamąsias lemputes

Mokyklos klasė, mokymo kabinetas	150 lx
Klasės lenta	150 lx
Braižybos ir piešimo kabinetas	200 lx
Skaitykla	150 lx
Gyvenamasis kambarys	50 lx
Virtuvė	30 lx
Operacinė (operacinio stalo paviršius)	3000 lx
Apšvieta įvairiais atvejais	
Skaisčią saulėtą dieną patalpose prie lango	1000 lx
Ūkanotą dieną patalpose prie lango	100 lx
Kino teatro ekrano apšvieta	50—100 lx
Naktį per Mėnulio pilnatį	0,25 lx

Uždavinys. 100 cd šviesos stiprio lempa į 35 cm² ploto paviršių statmenai spinduliuoja 0,056 lm šviesos srautą. Kokiu atstumu nuo lempos yra paviršius? Kokia būtų jo apšvieta, jei vietoj nurodytos lempos toje pačioje vietoje įtaisytume lempą, kurios šviesos stipris 300 cd?

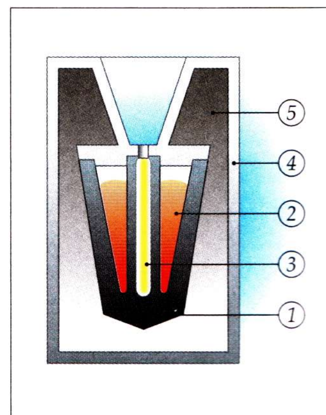
$I_1 = 100$ cd
$S = 35\ \text{cm}^2 = 35 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2$
$\Phi = 0{,}056$ lm
$I_2 = 300$ cd

R — ?
E_2 — ?

Tai įdomu !

- *3.10 paveiksle pavaizduota kandelos etalono sandara. Indas 1, pagamintas iš sukepinto torio oksido, pripildomas išlydytos platinos 2. Į ją įstatomas mėgintuvėlis su torio oksidu 3 — šviesą skleidžiantis kūnas (spinduolis), kurio angos plotas* $\frac{1}{60}$ *cm²* $\left(\textit{arba } \frac{1}{600\ 000}\ \textit{m}^2\right)$. *Indas 1 su išlydyta platina įdedamas į indą 4, pripildytą šilumą izoliuojančio presuoto torio oksido 5.*

3.10 pav.



Tai įdomu !

• *Apie 1 cd stiprio šviesą skleidžia žvakė, kurios liepsnos aukštis 4 cm.*

• *Paminėsime, koks yra kai kurių buityje naudojamų elektros lempučių skleidžiamos šviesos stipris:*
25 W, 220 V lemputės — 18 cd;
40 W, 220 V lemputės — 34 cd;
60 W, 220 V lemputės — 58 cd;
100 W, 220 V lemputės — 110 cd.

S p r e n d i m a s. Lempa, kurios šviesos stipris I_1, sukelia paviršiaus apšvietą, lygią

$$E_1 = \frac{I_1}{R^2}.$$

Antra vertus,

$$E_1 = \frac{\Phi}{S}.$$

Sulyginę dešiniąsias abiejų lygybių puses, gauname:

$$\frac{I_1}{R^2} = \frac{\Phi}{S}.$$

Iš čia

$$R^2 = \frac{I_1 S}{\Phi}, \qquad R = \sqrt{\frac{I_1 S}{\Phi}}.$$

Apskaičiuojame skaitinę R vertę:

$$R = \sqrt{\frac{100\ \text{cd} \cdot 35 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2}{0{,}056\ \text{lm}}} = 2{,}5\ \text{m}.$$

Įtaisius lempą, kurios šviesos stipris I_2, to paties paviršiaus apšvieta būtų lygi

$$E_2 = \frac{I_2}{R^2}.$$

Įrašę skaitines vertes, gautume:

$$E_2 = \frac{300\ \text{cd}}{2{,}5^2\ \text{m}^2} \approx 48\ \text{lx}.$$

A t s a k y m a s: 2,5 m; 48 lx.

Užduotys ??

1. Apytiksliai nustatykite savo darbo vietos namuose apšvietą. (Žr. skyrelyje „Tai įdomu" pateiktas elektros lempučių skleidžiamos šviesos stiprio vertes.)

2. Virš stalo per vidurį 2 m aukštyje kabo 100 cd elektros lemputė. Apskaičiuokite stalo po lempute paviršiaus apšvietą.

3. Virš stalo 1,2 m aukštyje kabo 150 cd elektros lemputė. Kokia yra stalo apšvieta po lempute?

4. Kuriuo atveju apšvieta bus didesnė: 200 cd lemputės 4 m atstumu ar 25 cd lemputės 1,2 m atstumu?

5. Koks šviesos srautas krinta statmenai į 50 cm^2 ploto paviršių, esantį už 3 m nuo 175 cd stiprio šviesos šaltinio?

6. Kokio stiprio šviesos šaltinį reikia įtaisyti 90 cm atstumu nuo stalo, kad šviesa, krisdama į jį statmenai, sukeltų 300 lx apšvietą?

7. Dvi lemputės vienodai apšviečia tam tikrą paviršių. Viena iš jų, kurios šviesos stipris 5 cd, yra 16 cm atstumu nuo paviršiaus, kita — 60 cm atstumu. Apskaičiuokite antrosios lemputės šviesos stiprį.

8. Kokiu atstumu virš stalo reikia pakabinti 100 cd lemputę, kad ji apšviestų stalą po ja taip pat, kaip 25 cd lemputė 80 cm atstumu?

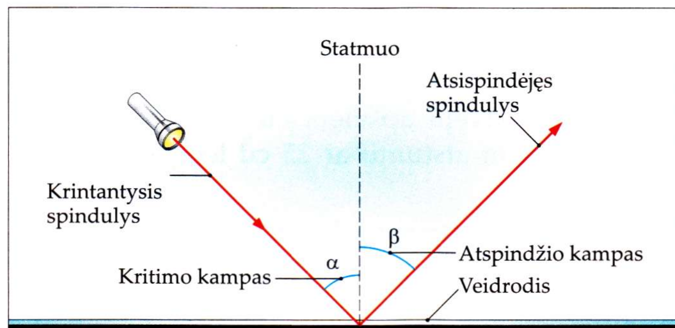
9. Kokiame aukštyje virš stalo reikia pakabinti 100 cd lemputę, kad stalo po ja apšvieta būtų lygi 50 lx?

10. Mokyklinio kino aparato lempa yra 500 cd šviesos stiprio. Į 3 m^2 ploto ekraną, nutolusį nuo lempos 5 m, krinta tik 30 % tos lempos skleidžiamos šviesos. Apskaičiuokite ekrano apšvietą.

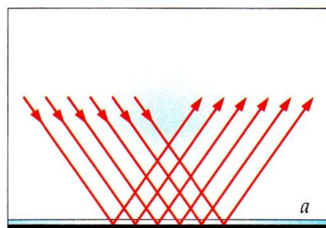
3.3. Šviesos atspindys

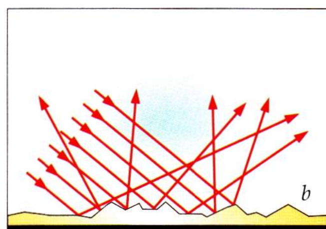
Veidrodinis ir sklaidusis atspindys

Apie šviesos atspindžio reiškinį jau šiek tiek kalbėjome VII klasėje. Tada sakėme, kad iš šaltinio tiesiai sklindanti šviesa, pasiekusi kūnų paviršių, nuo jo atsispindi. Iš tikrųjų kūnai atspindi tik dalį krintančios į juos šviesos. Kita jos dalis prasiskverbia pro tuos kūnus arba yra sugeriama. Tarkime, kad kūnai šviesos nesugeria, ir nagrinėkime tik tą jos dalį, kuri atsispindi.



3.11 pav.





3.12 pav.

Prisiminkime kai kurias su šviesos atspindžiu susijusias sąvokas (žr. 3.11 pav.):

- kampas α, kurį sudaro krintantysis spindulys ir iš jo kritimo taško iškeltas statmuo paviršiui, vadinamas **kritìmo kampù**;
- kampas β tarp šio statmens ir atsispindėjusio spindulio vadinamas **ãtspindžio kampù**.

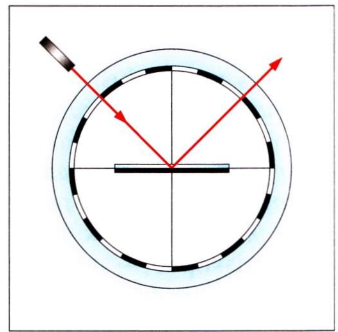
1 bandymas. Lygiagrečių šviesos spindulių pluoštą nukreipkime į plokščiąjį veidrodį. Atsispindėjęs jis pakeis savo sklidimo kryptį, bet neišsisklaidys — sklis kryptingai, o spinduliai išliks lygiagretūs (3.12 pav., *a*). Toks kryptingas atspindys vadinamas **veidrodiniù**. Jis vyksta tada, kai šviesa krinta į labai lygų paviršių.

Pakeiskime veidrodį kokiu nors kitu daiktu, kurio paviršius nelabai lygus. Tam tiks ir paprastas popieriaus lapas. Ir vėl nukreipkime į jį lygiagrečių šviesos spindulių pluoštą (3.12 pav., *b*). Dabar jis atsispindėjęs išsisklaidys į visas puses. Toks šviesos atspindys vadinamas **sklaidžiúoju**, arba **difùziniu** (lot. *diffusio* — skleidimas, išsiliejimas).

Šviesos atspindžio dėsnis

Šviesos spindulys nuo paviršiaus atsispindi ne bet kaip, o pagal tam tikrus dėsnius. Jau iš VII klasės fizikos kurso žinome, kad jis atsispindi tokio pat dydžio kampu, kokiu krito. Panagrinėkime šviesos atspindžio reiškinį specialiu prietaisu, vadinamu **òptiniu diskù**.

2 bandymas. Iš optinio disko šviestuvo sklindantį spindulį nukreipkime į disko centre įtvirtintą veidrodėlį (3.13 pav.). Spindulys nuo jo atsispindės. Pagal skritulio pakraštyje pažymėtas padalas išmatuokime spindulio kritimo kampą ir atspindžio kampą. Jie yra lygūs. Šviestuvą pastumkime į kitą vietą ir vėl išmatuokime abu kampus. Dar kartą įsitikinsime, kad jie lygūs. Atliekant šį bandymą, matyti, jog krintantysis ir atsispindėjęs spindulys yra disko plokštumoje.


3.13 pav.

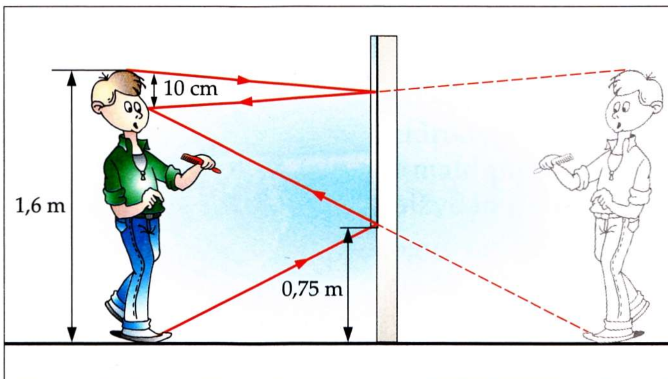
Apibendrindami bandymo rezultatus, galime padaryti tokias išvadas, kurios vadinamos **šviesõs ãtspindžio dė́sniu**:

- **krintantysis spindulys, atsispindėjęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo veidrodžio paviršiui yra vienoje plokštumoje;**
- **atspindžio kampas lygus spindulio kritimo kampui.**

Šviesos spinduliui būdinga **apgręžiamùmo** savybė. Jeigu šviesos spindulys sklistų atvirkščia kryptimi, tai atsispindėjęs spindulys taptų krintančiuoju, o krintantysis — atsispindėjusiu.

Šviesos atspindžiu aiškinamas atvaizdų susidarymas plokščiajame veidrodyje. Šį reiškinį jau aptarėme VII klasėje, todėl čia nenagrinėsime (žr. fizikos vadovėlio VII klasei 5.6 skyrelį, p. 105). Dabar išspręsime tik vieną praktinį uždavinį: koks turi būti mažiausias veidrodžio aukštis ir kokiu atstumu nuo

3.14 pav.



Tai įdomu !

- *Pirmieji buitiniai veidrodžiai iš bronzos ir sidabro buvo naudojami jau trečiajame tūkstantmetyje pr. Kr. I a. romėnai pradėjo naudoti stiklinius veidrodžius.*
- *Manoma, kad Lietuvoje veidrodžiai atsirado XIII a.*
- *Vis dėlto pats seniausias veidrodis yra ... ramus vandens paviršius.*
- *Kišeninio veidrodėlio atspindėta saulės šviesa gali būti matoma net už 30 km. Šią šviesos atspindžio savybę galima panaudoti signalizacijai dykumose ar jūrose. Amerikoje veidrodis įtrauktas į laivų gelbėjimosi priemonių sąrašą.*

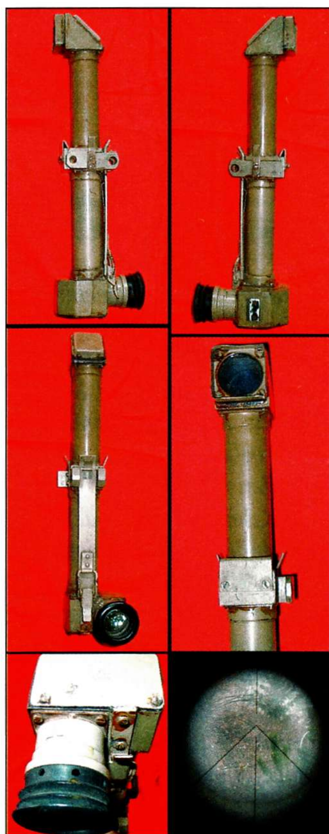
grindų reikia įtaisyti šio veidrodžio apatinę briauną, kad žmogus jame matytų save visą?

Pavyzdys. Sakykime, mokinio ūgis yra 1,6 m, o akių atstumas iki grindų — 1,5 m. Atidžiai išnagrinėję 3.14 paveikslą, galime teigti, kad mokinys matys save visą, kai veidrodžio aukštis bus ne mažesnis kaip 0,8 m, o atstumas nuo apatinės jo briaunos iki grindų lygus 0,75 m.

Tai įdomu !

- *Jūros paviršiui iš povandeninio laivo stebėti, taip pat vietovei iš tanko ar apkasų apžiūrinėti naudojami prietaisai (3.15 pav.), kurie vadinami* ***periskòpais*** *(gr.* periskopeo *— apžiūrinėju). 3.16 paveiksle parodytas veidrodžių išdėstymo juose principas.*
- *Savotišką „periskopą" turi dumblašoklis (*periophthalmus*). Kad, įsiraususi į dumblą, ši žuvis galėtų stebėti aplinką, ji ant plonų stiebelių iškelia akis į viršų (3.17 pav.).*

3.15 pav.



Užduotys ?

1. Išvardykite keletą kūnų, kurie labai gerai atspindi šviesą.

2. Kodėl saulėtą dieną akys bijo sniego?

3. Kodėl į lakūnus nukreipta lėktuvų propelerių pusė dažoma šviesos neatspindinčiais dažais?

4. Pabandykite pagauti saulės zuikutį baltu popieriaus lapu. Ar pasisekė? Ar pavyktų pagauti zuikutį, pridengus popierių langų stiklu; tik langų stiklu (be popieriaus)? Paaiškinkite.

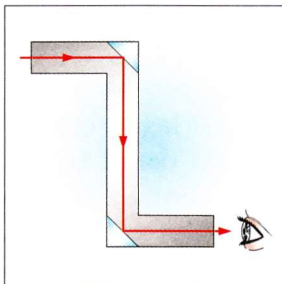
5. Krintantysis ir atsispindėjęs spindulys sudaro 130° kampą. Koks yra spindulio kritimo kampas?

6. Kada krintantysis ir atsispindėjęs spindulys yra vienoje tiesėje?

7. Kokiu kampu turi kristi spindulys, kad tarp krintančiojo ir atsispindėjusio spindulio susidarytų statusis kampas; 60° kampas?

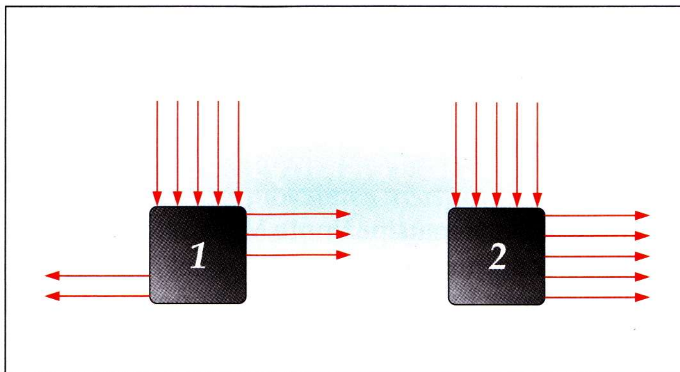
8. Kurioje vietoje prie veidrodžio reikia įtaisyti lempą, kad veidrodyje galėtume geriau matyti savo veidą?

3.16 pav.



3.17 pav.

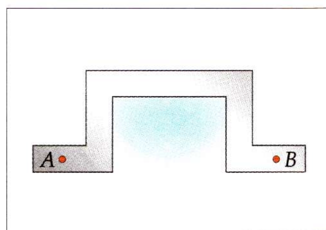




3.18 pav.

9. 3.18 paveiksle stačiakampiai vaizduoja vadinamąsias „juodąsias dėžes“, kuriose yra veidrodžių. Čia taip pat parodyti į veidrodžius krintantys ir nuo jų atsispindėję spinduliai. Nurodykite kiekvienoje dėžėje esančio veidrodžio padėtį.

10. 3.19 paveiksle pavaizduotas seno namo koridorius. Ką reikia padaryti, kad žmogus, stovintis taške *A*, matytų, kas dedasi taške *B*?



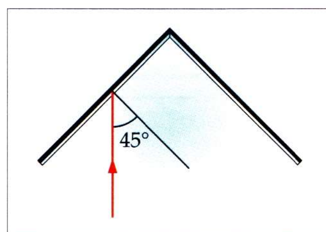
3.19 pav.

11. Žmogus stovi už 2 m nuo plokščiojo veidrodžio. Apskaičiuokite atstumą nuo žmogaus iki jo atvaizdo.

12. Virginijus eina prie plokščiojo veidrodžio 0,9 m/s greičiu. Kokiu greičiu jis artėja prie savo atvaizdo?

13. 3.20 paveiksle pavaizduoti du statmeni vienas kitam veidrodžiai. Į vieną iš jų 45° kampu krinta šviesos spindulys. Nubraižykite tolesnę jo eigą. Kuria kryptimi sklis šis spindulys, atsispindėjęs nuo abiejų veidrodžių, jeigu pakeisime jo kritimo kampą?

3.20 pav.

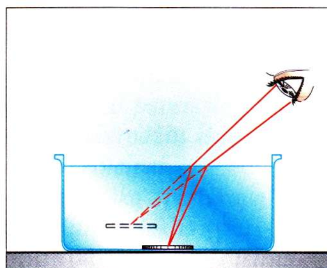


14. Jeigu vienas žmogus veidrodyje mato kito žmogaus akis, tai šis taip pat mato pirmojo akis. Paaiškinkite šį reiškinį, nubraižydami brėžinį.

15. Ant kranto stovintis žmogus ramiame ežero vandenyje mato Saulės atvaizdą. Kaip keisis jo padėtis, kai žmogus eis artyn prie ežero ir kai tols?

3.4. Šviesos lūžis

Šviesos lūžio reiškinys



3.21 pav.

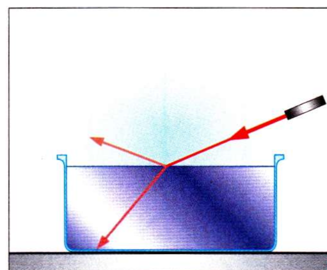
Su šviesõs lūžiù susipažinote VII klasėje. Dabar šį reiškinį panagrinėsime išsamiau.

1 bandymas. Į puodelį įdėkime monetą ir iš šono žiūrėkime į dugną taip, kad monetos nematytume. Nekeisdami galvos padėties, į puodelį palengva pilkime vandenį. Kai puodelis prisipildys, išvysime ant jo dugno gulinčią monetą. Kas atsitiko?

Stebimą reiškinį puikiai paaiškina 3.21 paveikslas (panašų jau braižėte VII klasėje, atlikdami vadovėlio 114 puslapyje pateiktą 3 užduotį).

2 bandymas. Siaurą šviesos pluoštą nukreipkime į vonelę su dažytu vandeniu. Virš vonelės prileiskime šiek tiek dūmų. Tada aiškiai pamatysime sklindantį oru ir vandeniu šviesos pluoštą (3.22 pav.). Pasiekęs vandens paviršių, jis pereis iš oro į vandenį ir pakeis savo sklidimo kryptį, be to, dalis krintančio pluošto atsispindės.

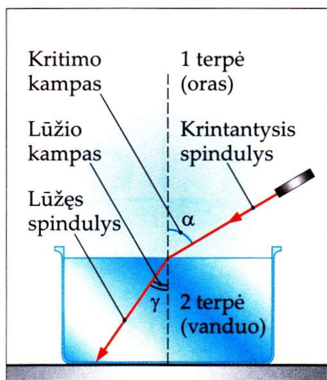
3.22 pav.



1 ir 2 bandymas patvirtina, kad šviesos spindulys, pereidamas iš vienos medžiagos (terpės) į kitą, pakeičia kryptį — lūžta. Kaip nustatyti, kuria kryptimi sklis lūžęs spindulys?

Šviesos lūžio dėsnis

3.23 pav.



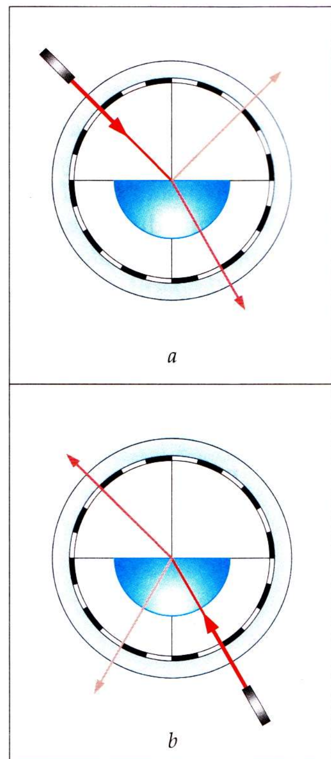
Prieš atsakydami į šį klausimą, aptarkime svarbiausias lūžį apibūdinančias sąvokas (remkimės 3.23 paveikslu):

- **térpė** — tai vakuumas arba kiekviena skaidri medžiaga, kuria gali sklisti šviesa;
- **krintañtysis spindulỹs** — į dviejų skirtingų terpių sandūrą krintantis spindulys;
- **lū́žęs spindulỹs** — iš pirmosios terpės į antrąją perėjęs spindulys;
- **kritìmo kam̃pas** α — kampas tarp krintančiojo spindulio ir statmens paviršiui kritimo taške;
- **lū́žio kam̃pas** γ — kampas tarp lūžusio spindulio ir statmens paviršiui lūžio taške.

3 bandymas. Optinio disko centre įtvirtinkime pusritinio formos stiklinę plokštelę ir nukreipkime į ją siaurą šviesos pluoštą (3.24 pav., *a*). Pereidamas iš vienos terpės į kitą (iš oro į stiklą), pluoštas keičia kryptį, bet pasilieka toje pačioje plokštumoje. Beje, dalis šviesos nuo plokštelės atsispindi.

Stumdydami šviestuvą, leiskime šviesos pluoštui kristi įvairiu kampu. Kaskart matuodami kritimo bei lūžio kampą, galime pastebėti, kad tarp jų yra ryšys: didėjant kritimo kampui, lūžio kampas didėja, bet visą laiką lieka mažesnis už kritimo kampą. Lentelėse suradę tų kampų sinuso vertes, nustatome tam tikrą dėsningumą. Pateikiame vieno atlikto bandymo rezultatus:

Bandymo numeris	α	γ	$\sin\alpha$	$\sin\gamma$	$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$
1	20°	13,2°	0,342	0,228	≈ 1,50
2	40°	25,4°	0,642	0,429	≈ 1,50
3	60°	35,3°	0,866	0,578	≈ 1,50
4	80°	41,0°	0,985	0,656	≈ 1,50



3.24 pav.

Taigi iš 3 bandymo rezultatų išplaukia tokia išvada, kuri vadinama **šviesõs lū̃žio dė́sniu**.

• Krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje;
• kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis toms dviem terpėms yra pastovus dydis:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n = \text{const.}$$

Krintančiajam ir lūžusiam šviesos spinduliui taip pat būdinga apgręžiamumo savybė: jeigu spindulį nukreiptume atvirkščiai, t. y. tuo keliu, kuriuo jis sklido lūžęs, tik priešinga kryptimi, tai, perėjęs terpių sandūrą, jis sklistų priešinga kritusiam spinduliui kryptimi (3.24 pav., *b*).

Tai įdomu !!

• *Apie 1621 m. Olandijos Leideno universiteto profesorius Vilebrordas Snelijus (*Willebrordus Snellius*) bandymais atrado šviesos lūžio dėsnį.*

• *Teoriškai šį dėsnį išvedė garsus prancūzų filosofas, fizikas ir matematikas Renė Dekartas (*Rene Descartes*), paskelbęs jį 1637 m. veikale „Dioptrika".*

Lūžio rodiklis

Šviesos lūžio dėsnyje esantis pastovus dydis n vadinamas **santykiniù lū̃žio rodikliù**, tiksliau — antrosios terpės lūžio rodikliu pirmosios atžvilgiu.

Lūžio dėsnį suformulavome nagrinėdami šviesos sklidimą iš oro į stiklą. Tuo atveju $n = 1{,}5$ yra stiklo (antrosios terpės) lūžio rodiklis oro (pirmosios terpės) atžvilgiu.

Medžiagos lūžio rodiklis tuštumos (vakuumo) atžvilgiu vadinamas tos medžiagos **absoliučiúoju lū̃žio rodikliù**. Santykinį lūžio rodiklį galima išreikšti pirmosios ir antrosios terpės absoliučiaisiais lūžio rodikliais n_1 ir n_2:

$$n = \frac{n_2}{n_1}.$$

Sklindantis iš vakuumo į orą šviesos spindulys beveik nelūžta, t. y. $\alpha \approx \gamma$ ir $\sin\alpha \approx \sin\gamma$. Oro absoliutusis lūžio rodiklis normaliomis sąlygomis yra apie 1,000292. Todėl **medžiagų lūžio rodiklis oro atžvilgiu mažai skiriasi nuo jų absoliučiojo lūžio rodiklio**. Lentelėje pateikiame kai kurių medžiagų absoliučiojo lūžio rodiklio vertes.

Kai kurių medžiagų lūžio rodiklis (kai šviesa geltona)[1]

Medžiaga	Lūžio rodiklis	Medžiaga	Lūžio rodiklis
Deimantas	2,42	Ledas	1,31
Gintaras	1,55	Rubinas	1,76
Glicerinas	1,47	Stiklas	1,47—2,04[2]
Kvarcas	1,54	Vanduo	1,33

Medžiaga, kurios lūžio rodiklis didesnis, vadinama optiškai tankesne. Pavyzdžiui, stiklas yra optiškai tankesnis už orą arba vandenį, o vanduo — už ledą.

Medžiagos lūžio rodiklis susijęs su šviesos sklidimo greičiu toje medžiagoje. Absoliutusis lūžio rodiklis rodo, kiek kartų šviesos greitis c vakuume

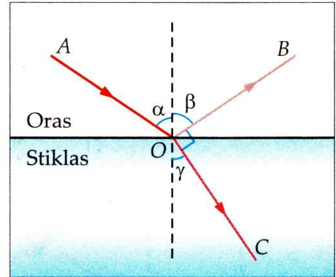
[1] Lentelėse paprastai nurodoma, kokiai šviesai taikomi lūžio rodikliai. Mažiausi jie būna, kai šviesa raudona, didžiausi — kai violetinė.

[2] Stiklo lūžio rodiklis priklauso nuo jo sudėties (rūšies). Daugelio įprastų rūšių stiklo lūžio rodiklis šiek tiek didesnis už 1,5.

yra didesnis už šviesos greitį v atitinkamoje medžiagoje:

$$n = \frac{c}{v}.$$

1 uždavinys. Šviesos spindulys krinta į stiklinę plokštelę, kurios lūžio rodiklis 1,5. Dalis šviesos nuo stiklo paviršiaus atsispindi, dalis lūžta. Kampas tarp lūžusio ir atsispindėjusio spindulio lygus 90° (3.25 pav.). Kokiu kampu spindulys krinta?



3.25 pav.

$n = 1{,}5$

$\angle BOC = 90°$

α — ?

S p r e n d i m a s. Užrašome šviesos spindulio lūžio dėsnį:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n.$$

Iš 3.25 paveikslo matyti, kad

$$\gamma + \beta = 90°.$$

Pagal šviesos atspindžio dėsnį $\beta = \alpha$, todėl

$$\gamma + \alpha = 90°.$$

Iš čia

$$\gamma = 90° - \alpha.$$

Šią reikšmę įrašę į lūžio dėsnio išraišką ir ją pertvarkę, gauname:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin(90° - \alpha)} = n, \qquad \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = n, \qquad \operatorname{tg}\alpha = n.$$

Atsižvelgę į sąlygoje nurodytą skaitinę n reikšmę, turime:

$$\operatorname{tg}\alpha = 1{,}5.$$

Lentelėje, pateiktoje vadovėlio priedų p. 223, randame atitinkamą α reikšmę:

$$\alpha \approx 56°.$$

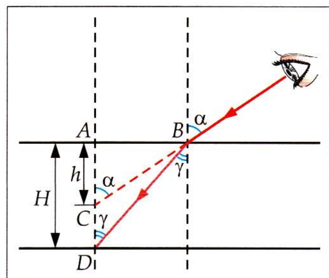
A t s a k y m a s: 56°.

2 uždavinys. Baseino gylis 3 m. Kokio gylio šis baseinas atrodo stebėtojui, stovinčiam ant jo krašto ir žiūrinčiam beveik stačiai (mažu kampu) žemyn. Vandens lūžio rodiklis lygus $\frac{4}{3}$.

$H = 3$ m

$n = \frac{4}{3}$

h — ?



3.26 pav.

S p r e n d i m a s. Nusibraižome sąlygą iliustruojantį brėžinį (3.26 pav.). Iš trikampio *ABC*

$$\frac{AB}{AC} = \operatorname{tg}\alpha \approx \sin\alpha, \tag{1}$$

nes mažų kampų tangentai apytiksliai lygūs šių kampų sinusams.

Iš trikampio *ABD*

$$\frac{AB}{AD} = \operatorname{tg}\gamma \approx \sin\gamma. \tag{2}$$

(1) padalijame iš (2):

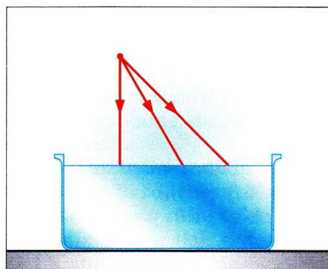
$$\frac{AB \cdot AD}{AC \cdot AB} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}.$$

Kadangi $AC = h$, $AD = H$, o $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n$, tai $\frac{H}{h} = n$.

Iš čia $h = \frac{H}{n}$; $h = \frac{3\text{ m}}{\frac{4}{3}} = 3\text{ m} \cdot \frac{3}{4} = 2{,}25$ m.

A t s a k y m a s: 2,25 m.

3.27 pav.



Užduotys

1. Trys šviesos spinduliai krinta į vandens paviršių taip, kaip pavaizduota 3.27 paveiksle. Nubraižykite apytikslę jų eigą vandenyje.

2. Ar gali šviesos spindulys, pereidamas iš vienos medžiagos į kitą, nelūžti? Jei gali, kada tai būna?

3. Tuščiame inde ant dugno yra plokščiasis veidrodis (3.28 pav.). Kaip kis spindulių eiga, jeigu į indą pamažu pilsime vandenį?

4. Žiūrint į kitoje degančio laužo pusėje sėdinčių žmonių veidus, atrodo, kad jie vibruoja. Kodėl?

5. Ploną lapelį priglaudus prie knygos lapo, galima nesunkiai skaityti tekstą. Tačiau pakanka šį lapelį tik truputį kilstelėti, ir raidžių nebematyti. Kodėl?

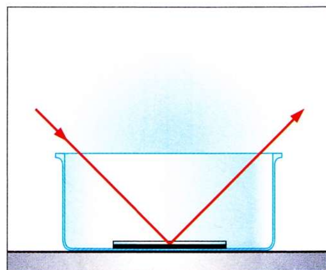
6. Kokiu kampu į gretasienę plokštelę krintančio spindulio sklidimo kryptis nepakinta?

7. Kai šviesa krinta į ledo paviršių 61° kampu, lūžio kampas lygus 42°. Apskaičiuokite ledo lūžio rodiklį.

8. Į vandens paviršių šviesos spinduliai krinta 30° kampu. Kokiu kampu jie lūžta?

9. Šviesos spindulys krinta į tam tikrą terpę. Jo kritimo kampas 35°, o lūžio kampas 25°. Apskaičiuokite, kokiu kampu lūžta spindulys, kritęs į šią terpę 50° kampu.

10. Žinodami šviesos sklidimo greitį vakuume, apskaičiuokite jos greitį vandenyje ir stikle.



3.28 pav.

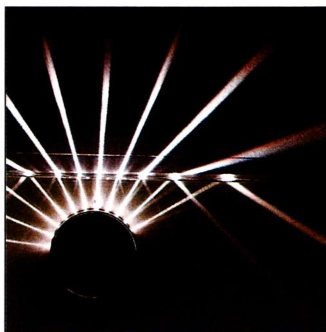
3.5. Visiškasis atspindys

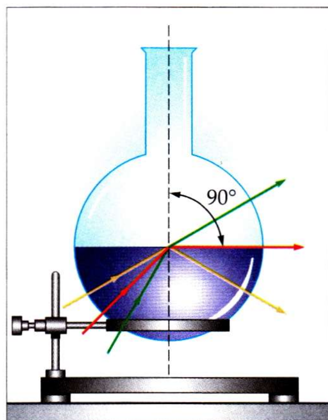
Visiškojo atspindžio reiškinys

Detaliau išnagrinėkime tą šviesos lūžio atvejį, kai šviesa sklinda iš optiškai tankesnės terpės į retesnę, pavyzdžiui, iš vandens ar stiklo į orą (žr. 3.24 pav., *b*).

1 bandymas. Į akvariumą pripilkime dažyto vandens ir įtaisykime jame šviestuvą su gaubtu, kuriame yra plyšelių. Pro tuos plyšelius siauri šviesos pluoštai įvairiais kampais kris į vandens ir oro sandūrą. Matysime vaizdą, parodytą 3.29 paveiksle.

3.29 pav.





3.30 pav.

Šiam bandymui vietoj akvariumo galima panaudoti apvaliadugnę kolbą, iki pusės pripiltą dažyto vandens (3.30 pav.).

2 bandymas. Nukreipkime siaurą šviesos pluoštą į pusritinio formos plokštelę taip, kaip parodyta 3.24 paveiksle, *b*. Matome, kad dabar kritimo kampas yra mažesnis už lūžio kampą, vadinasi, eidamas iš stiklo į orą, šviesos pluoštas nutolsta nuo statmens šias terpes skiriančiam paviršiui. (Beje, dalis pluošto atsispindi nuo plokščiosios sienelės ir toliau sklinda stiklu.)

Stumdami šviestuvą, didinkime šviesos pluošto kritimo kampą. Lūžusi pluošto dalis šviesės, o atsispindėjusioji — blykš. Esant tam tikram kritimo kampui, lūžio kampas pasidarys lygus 90° ir pluoštas sklis stiklo bei oro sandūra. Dar šiek tiek padidinę kritimo kampą, matysime, kad lūžęs pluoštas išnyko ir visas krintantis pluoštas atsispindi. Sakome, kad čia vyksta **visiškasis atspindỹs**. Spindulio kritimo kampas, atitinkantis 90° lūžio kampą, vadinamas **ribiniù visiškojo ãtspindžio kampù**. Lentelėje pateikiame kai kurių medžiagų tokių kampų vertes (antroji terpė yra oras).

Ribiniai visiškojo atspindžio nuo kai kurių medžiagų kampai

Medžiaga	Ribinis visiškojo atspindžio kampas	Medžiaga	Ribinis visiškojo atspindžio kampas
Alkoholis	47°	Glicerinas	43°
Benzenas	42°	Stiklas	30—42°
Deimantas	24°	Vanduo	49°

Uždavinys. Šviesos spindulys sklinda iš glicerino į orą. Spindulio kritimo kampas lygus 25°. Koks yra lūžio kampas?

$\alpha = 25°$

$n = 1{,}47$

γ — ?

S p r e n d i m a s. Šviesos spindulys sklinda iš optiškai tankesnės terpės į optiškai retesnę, todėl

ore jis nutolsta nuo statmens terpes skiriančiam paviršiui. Vadinasi, lūžio kampas bus didesnis už kritimo kampą. Taikome lūžio dėsnį, atsižvelgdami į spindulio apgręžiamumo savybę:

$$\frac{\sin\gamma}{\sin\alpha}=n;$$

čia n — glicerino lūžio rodiklis oro atžvilgiu. Todėl

$$\frac{\sin\gamma}{\sin 25^\circ}=1{,}47;$$

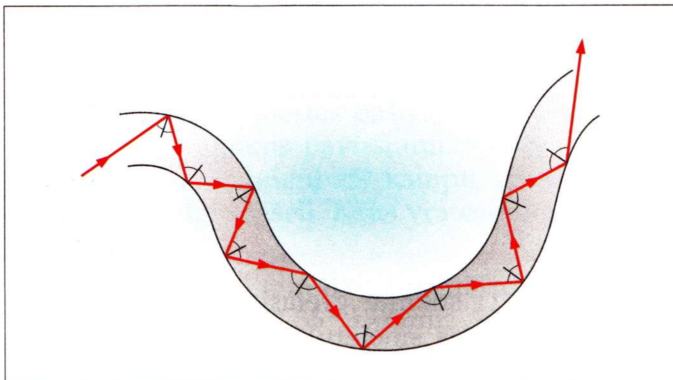
$$\sin\gamma = 1{,}47 \cdot \sin 25^\circ = 1{,}47 \cdot 0{,}423 = 0{,}622;$$
$$\gamma = 39^\circ.$$

A t s a k y m a s: 39°.

Visiškojo atspindžio taikymas

Visiškuoju atspindžiu aiškinama daugybė įdomių reiškinių: saulės apšviestų rasos lašelių spindesys, brangakmenių žėrėjimas, miražų susidarymas, fontanų švytėjimas ir pan. Jis plačiai taikomas technikoje ir medicinoje. Tam naudojami optiniai kabeliai, vadinami **šviesólaidžiais**. Jų veikimas pagrįstas visiškuoju šviesos atspindžiu. Technikoje šviesolaidžiais perduodama informacija, tikrinamas branduolinio reaktoriaus vidus, jie naudojami sunkiai prieinamoms vietoms apšviesti ir apžiūrėti. Antai medicinoje jais tiriamas skrandis, plaučiai ir kiti vidaus organai.

3.31 pav.

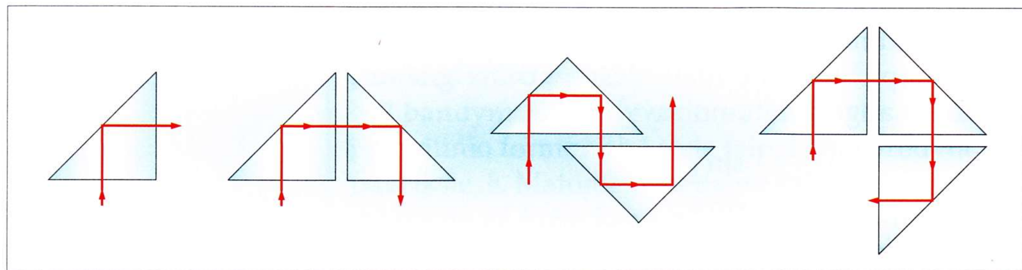


Tai įdomu !

• *Šviesolaidis — tai labai plonų (apie $\frac{1}{200}$ mm skersmens) stiklo gijų kabelis. Šviesa įeina į jį pro vieną gijų galą ir, daug kartų atsispindėjusi nuo sienelių, išeina pro kitą galą (3.31 pav.).*

• *Lietuvoje šiuo metu yra nutiesta per 1500 km optinio kabelio linijų.*

• *1997 m. vasarą Baltijos jūros dugnu nutiestas 243 km ilgio šviesolaidis Lietuvą sujungė su Švedija ir kitomis Skandinavijos šalimis. Naudojantis juo, vienu metu gali vykti 30 000 telefoninių pokalbių.*



3.32 pav.

3.32 paveiksle parodyta keletas prizmių, galinčių įvairiai pakeisti šviesos spindulių kryptį. Be abejo, ją galima keisti ir veidrodžiais, tačiau prizmės pranašesnės, mat daug mažesni atspindžio nuostoliai.

Tai įdomu !

• *Važiuojant automobiliu karštą vasaros dieną, asfaltuotas kelias priekyje atrodo lyg šlapias. Nuo stipriai įkaitusio asfalto įšyla šalia esantis oro sluoksnis. Jo tankis pasidaro mažesnis negu aukštėliau esančio oro. Dėl to dideliu kampu krintanti šviesa toje vietoje visiškai atsispindi ir sudaro šlapio kelio įspūdį.*

Užduotys ?

1. Šviesos spindulys krinta į deimanto paviršių 30° kampu. Apskaičiuokite spindulio lūžio kampą.

2. Šviesos spindulys sklinda iš stiklo į orą. Spindulio kritimo kampas 30°, lūžio kampas 50°. Koks yra stiklo lūžio rodiklis?

3. Šviesos spindulys sklinda iš vandens į orą. Kritimo kampas lygus 40°. Apskaičiuokite spindulio lūžio kampą.

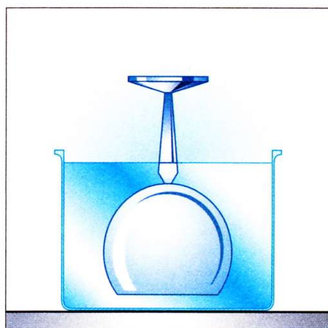
4. Apskaičiuokite visiškojo šviesos atspindžio ribinį kampą, kai šviesa sklinda vandeniu; deimantu. Gautą vertę palyginkite su pateikta lentelėje.

5. Ar išeis šviesos spindulys iš vandens į orą, jeigu jo kritimo kampas bus lygus 30°; 60°?

6. Kodėl rūkas neskaidrus, nors sudarytas iš smulkių vandens lašelių?

7. Apverstą taurę įmerkite į vandenį (3.33 pav.). Panardinta jos dalis pasidarė „sidabrinė“. Kodėl?

3.33 pav.

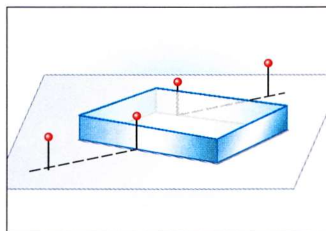


1-asis laboratorinis darbas. Šviesos lūžio tyrimas

Priemonės: 1) stiklinė gretasienė plokštelė arba prizmė; 2) keletas smeigtukų; 3) kartono atraiža; 4) matlankis; 5) liniuotė; 6) balto popieriaus lapas.

D a r b o e i g a

1. Ant kartono padėkite balto popieriaus lapą, o ant jo per vidurį — stiklinę plokštelę.
2. Nubrėžkite plokštelės kontūrą.
3. Vienoje plokštelės pusėje įsmeikite du smeigtukus: vieną — prie sienelės, kitą — toliau (3.34 pav.).
4. Žiūrėdami į juos per plokštelę iš kitos jos pusės, toje pusėje įsmeikite dar du smeigtukus taip, kad visi keturi atrodytų esą vienoje tiesėje. Nuimkite plokštelę, ištraukite smeigtukus, o jų paliktas žymes paryškinkite rašikliu (pažymėkite taškais).
5. Pirmiausia abiejose plokštelės kontūro pusėse per du pažymėtus taškus brėžkite tieses, kol jos susikirs su plokštelės kontūru — gausite kritusį ir du kartus lūžusį spindulį. Paskui spindulio kritimo į plokštelę tašką sujunkite su jo išėjimo iš plokštelės tašku ir per juos nubrėžkite statmenis plokštelės kontūrui (briaunoms).
6. Matlankiu išmatuokite iš oro į stiklą ir iš stiklo į orą sklindančio šviesos spindulio kritimo bei lūžio kampus. Palyginkite juos ir apskaičiuokite stiklo lūžio rodiklį.



3.34 pav.

Užduotys

1. Kada šviesos spindulio kritimo kampas lygus lūžio kampui?

2. Sklisdamas oru, šviesos spindulys krinta į skysčio paviršių 40° kampu. Lūžio kampas lygus 24°. Kokiu kampu lūš spindulys, krintantis į tą patį skystį 80° kampu?

3. Kokiu kampu nuo pradinės padėties nukryps šviesos spindulys, eidamas iš oro į vandenį, kai kritimo kampas lygus 75°?

4. Skaidriame vandenyje sunkoka pagriebti ir nelabai greitai skęstantį daiktą. Kodėl? (Patikrinkite maudydamiesi vonioje.)

5. Ežero dugne įbestas baslys, kurio viršugalis sutampa su vandens paviršiumi. Saulės spinduliai, krisdami į vandenį 35° kampu, ežero dugne meta 36 cm ilgio šešėlį. Koks yra ežero gylis toje vietoje?

6. Šviesa krinta į tam tikros medžiagos paviršių 60° kampu, o lūžta 35° kampu. Apskaičiuokite greitį, kuriuo šviesa sklinda toje medžiagoje.

Skyriaus „Šviesos sklidimas, atspindys ir lūžis“ santrauka

Šviesos sklidimas	Skaidrioje vienalytėje terpėje šviesa sklinda tiesiai. Linija, kuria ji sklinda, vadinama šviesos spinduliu.
Šviesos greitis c	Šviesos greitis ore yra apie 300 000 km/s.
Fotometrija	Šviesos energiją tiriantis optikos skyrius vadinamas fotometrija.
Šviesos stipris I $[I]$ = 1 cd	Šviesos stipris yra fizikinis dydis, apibūdinantis šaltinio spinduliavimo intensyvumą. Šviesos stiprio matavimo vienetas yra kandela (cd). Kandela — tai stipris šviesos, kurią spinduliuoja $\frac{1}{60}$ cm^2 ploto platininio kandelos etalono anga platinos kietėjimo temperatūroje, kai slėgis lygus 101 325 Pa.
Šviesos srautas Φ $[\Phi]$ = 1 lm	Šviesos srautas nusako, kiek energijos šviesa atneša į kūno paviršiaus plotą per 1 s. Šviesos srauto matavimo vienetas yra liumenas (lm).
Paviršiaus apšvieta $E = \frac{\Phi}{S}$ $[E]$ = 1 lx = 1 lm/m^2 $E = \frac{I}{R^2}$	Apšvieta vadinamas vienetiniam paviršiaus plotui tenkantis šviesos srautas. Apšvietos matavimo vienetas yra liuksas (lx). 1 liuksas — tai paviršiaus apšvieta, kurią sukelia 1 lm šviesos srautas, krintantis į 1 m^2 ploto paviršių. Kai šviesa krinta statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šaltinio šviesos stipriui ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo paviršiaus kvadratui.

Geometrinė optika	Optikos dalis, kuri nagrinėja šviesos sklidimą skaidriomis terpėmis remdamasi šviesos spinduliu, vadinama geometrine optika.
Šviesos atspindžio dėsnis $\beta = \alpha$	Krintantysis spindulys, atsispindėjęs spindulys ir per spindulio kritimo tašką nubrėžtas statmuo veidrodžio paviršiui yra vienoje plokštumoje; atspindžio kampas lygus spindulio kritimo kampui. α β
Šviesos lūžio dėsnis $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n = \text{const}$	Krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje; kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis toms dviem terpėms yra pastovus dydis. α γ
Medžiagos lūžio rodiklis $n = \frac{c}{v}$	Medžiagos lūžio rodiklis vakuumo atžvilgiu vadinamas absoliučiuoju lūžio rodikliu. Jis rodo, kiek kartų šviesos greitis c vakuume yra didesnis už šviesos greitį v atitinkamoje medžiagoje. Santykiniu lūžio rodikliu vadinamas antrosios terpės lūžio rodiklis pirmosios atžvilgiu.
Visiškasis atspindys	Visos šviesos, sklindančios iš optiškai tankesnės terpės į retesnę, atspindys nuo retesnės terpės vadinamas visiškuoju atspindžiu.


THEMATICA
OPTICIS
GEOMETRIA
ASTRONOMIA
SPHÆRA ELEMENTARI
OMPVTO ECCLESIASTICO
IN ALMA ACADEMIA VILNENSI
Societatis Iesv
publicè prælecta
OANNES RVDOMINA DVSIATSKI
EQVES LITHVANVS
Physicæ & Matheseos Auditor
N EADEM ACADEMIA
1527-1139

4

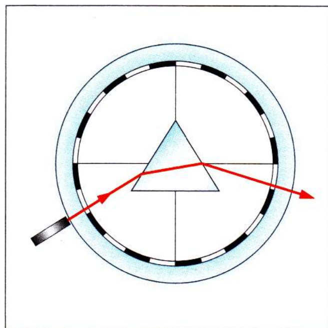
Lęšiai ir optiniai prietaisai

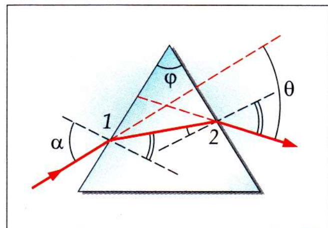
Šiame skyriuje susipažinsite su:

- lęšiais ir jais gaunamais atvaizdais;
- plonojo lęšio formule;
- optinėmis akies savybėmis;
- optiniais prietaisais: lupa, mikroskopu, teleskopu, fotoaparatu, projektoriumi;
- lęšius apibūdinančiomis sąvokomis ir dydžiais:
  - optiniu centru,
  - optinėmis ašimis,
  - židiniais,
  - laužiamąja geba,
  - didinimu.

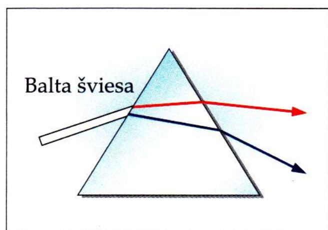
4.1. Lęšiai

Prizmė


4.1 pav.



4.2 pav.



4.3 pav.

Praktikoje didelę reikšmę turi šviesos sklidimas ne tik dviejų terpių sandūra, bet ir kuriuo nors optiškai skaidriu kūnu, kaip antai stikline prizme.

1 bandymas. Optinio disko centre įtaisykime skaidrią trikampę prizmę ir į vieną jos sienelę nukreipkime siaurą šviesos pluoštą. Matysime 4.1 paveiksle parodytą vaizdą. Panagrinėkime jį detaliau, remdamiesi spindulių eigos prizmėje schema (4.2 pav.), kurioje raide α pažymėtas spindulio kritimo kampas, φ — prizmės **laužiamàsis kam̃pas**, t. y. kampas tarp prizmės sienelių, kuriose šviesa lūžta, θ — spindulio nuokrypio kampas (graikiška raidė θ, tariama teta).

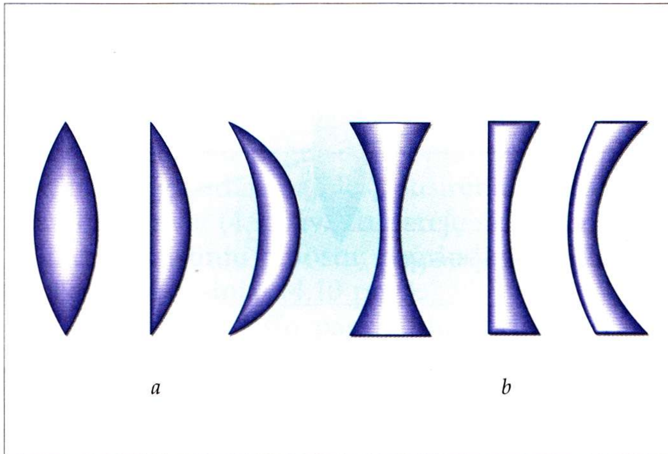
Į prizmės sienelę kritęs spindulys prizmėje lūžta du kartus: taške *1*, priartėdamas prie statmens sienelei, ir taške *2*, nutoldamas nuo statmens. Galiausiai jis išeina iš prizmės nukrypęs nuo pradinės krypties kampu θ. Šis kampas priklauso nuo:

- spindulio kritimo kampo α;
- prizmės laužiamojo kampo φ;
- prizmės medžiagos lūžio rodiklio *n*.

Taip sklinda per prizmę vienspalvis šviesos pluoštas. O jeigu jis yra baltas? Tada, kaip žinome iš VII klasės kurso, jis suskyla į septynis spalvotus pluoštelius. Labiausiai iš jų lūžta violetinis, mažiausiai — raudonas (4.3 pav.).

Lęšiai

Optiniai prietaisai: akiniaĩ, lupà, mikroskòpas, teleskòpas, fotoaparãtas, žiūrõnai ir kt. — padeda žmogui norimu būdu valdyti šviesą. Svarbiausia visų šių prietaisų dalis yra **lę̃šis**. **Lęšiu vadinamas skaidrus kūnas, apribotas dviejų rutuliškųjų paviršių** (vienas iš jų gali būti ir plokščias). Lęšiai dažniausiai gaminami iš paprasto stiklo, tačiau būna padarytų ir iš organinio stiklo ar kitų specialių skaidrių medžiagų.



4.4 pav.

Tai įdomu !!

- *Lęšiai žinomi nepaprastai seniai. Jų prototipu reikėtų laikyti stiklinius rutuliukus.*
- *Senovės graikų dramaturgas, senosios komedijos kūrėjas A r i s t o f a n a s* (Aristophanēs, *apie 445—386 pr. Kr.) siūlė skolininkui vaško lentelėje užrašytą skolos dokumentą išlydyti padegamuoju stiklu.*

Pagal formą ir spindulių eigą lęšiai skirstomi į dvi rūšis:

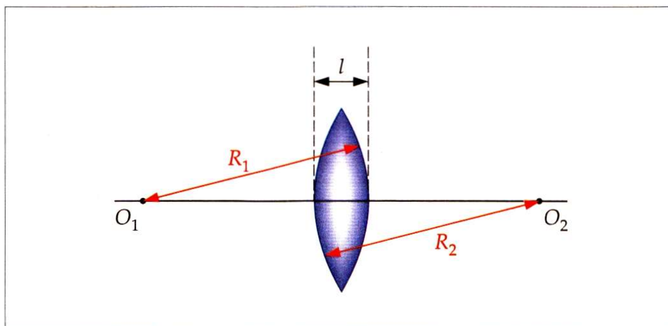
- **iškilúosius**, arba **glaudžiamúosius, lęšius**, kurie per vidurį yra storesni negu kraštuose (4.4 pav., *a*);
- **įgaubtúosius**, arba **sklaidomúosius, lęšius**, kurie per vidurį yra plonesni negu kraštuose (4.4 pav., *b*).

Lęšiai brėžiniuose žymimi tokiais simboliais: iškilieji — ↕, įgaubtieji — I.

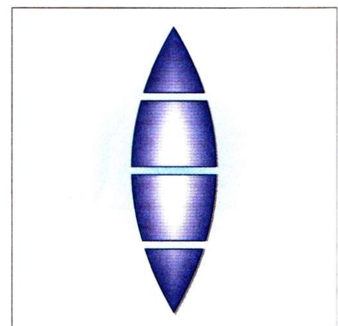
Lęšiai, kurių storis l yra labai mažas, palyginti su paviršių kreivumo spinduliais R_1 ir R_2, vadinami **plonaĩsiais** (4.5 pav.). Kai R_1 ir R_2 nedaug skiriasi nuo l, lęšiai laikomi storais. Jų optinės savybės priklauso nuo paviršių kreivumo.

Kiekvieną lęšį galima įsivaizduoti sudėtą iš daugybės prizmių (4.6 pav.), kurias perėję spinduliai nukrypsta jų pagrindo link.

4.5 pav.



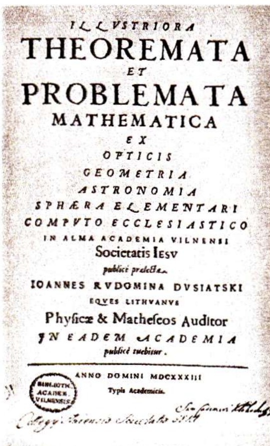
4.6 pav.



Tai įdomu

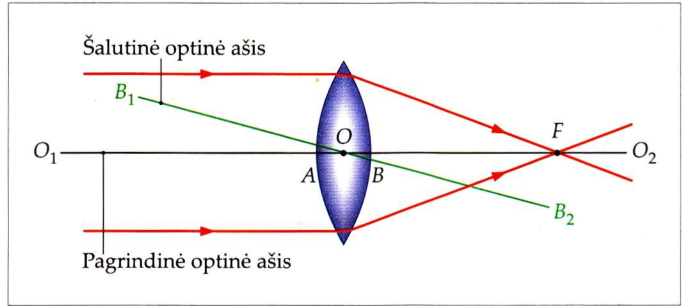
• *Pirmojoje spausdintoje Lietuvos fizikos knygoje „Garsiosios teoremos ir problemos“, išleistoje lotynų kalba 1633 m., J o n a s R u d a m i n a D u s e t i š k i s rašė apie lęšius. 4.8 paveiksle pateikta šios knygos viršelio faksimilė.*

• *Lęšiu gali būti stiklinio butelio ar stiklainio šukė. Jos sutelkta šviesa palankiomis sąlygomis gali sukelti miško gaisrą. Jau vien dėl to paiškylavę nepalikime gamtoje stiklinių indų.*



ILLVSTRIORA
THEOREMATA
ET
PROBLEMATA
MATHEMATICA
EX
OPTICIS
GEOMETRIA
ASTRONOMIA
SPHÆRA ELEMENTARI
COMPVTO ECCLESIASTICO
IN ALMA ACADEMIA VILNENSI
Societatis IESV
publicè prælecta
IOANNES RVDOMINA DVSIATSKI
EQVES LITHVANVS
Physicæ & Matheseos Auditor
IN EADEM ACADEMIA
publicè tuebitur.
ANNO DOMINI MDCXXXIII
Typis Academicis.

4.8 pav.



4.7 pav.

Lęšius apibūdinančios sąvokos ir dydžiai

Plonuosius lęšius apibūdina tokios svarbiausios sąvokos ir dydžiai (žr. 4.7 pav.).

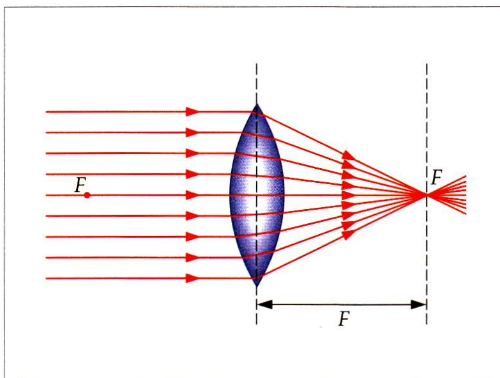
• **Òptinis ceñtras** O. Susitarta, kad plonųjų lęšių optinis centras sutampa su rutulio nuopjovų viršūnėmis A ir B, kurios yra labai arti viena kitos ir gali būti laikomos vienu tašku. Spindulys, sklindantis per lęšio optinį centrą, nelūžta.

• **Pagrindìnė òptinė ašìs** O_1O_2. Taip vadinama tiesė, einanti per lęšio paviršių kreivumo centrus ir optinį centrą.

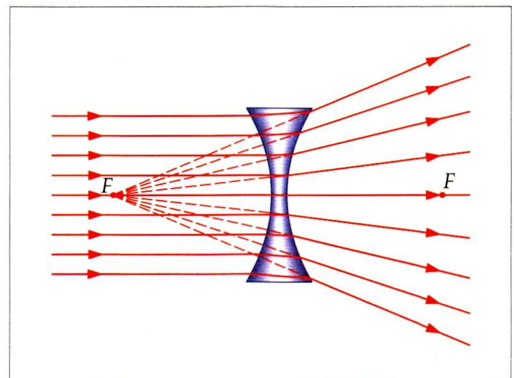
• **Šalutìnė òptinė ašìs**. Tai bet kuri kita tiesė, einanti per lęšio optinį centrą, pavyzdžiui, tiesė B_1B_2.

• **Pagrindìnis židinỹs**. Juo vadinamas taškas, kuriame susikerta lygiagretūs su pagrindine optine ašimi spinduliai. Pagrindinis židinys žymimas raide F. Ta pačia raide žymimas ir atstumas nuo lęšio op-

4.9 pav.



4.10 pav.

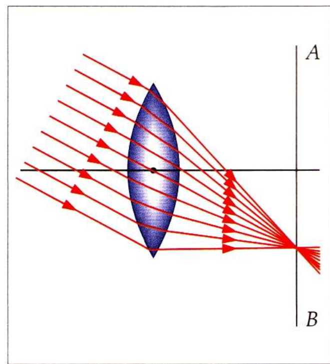


tinio centro iki pagrindinio židinio (4.9 pav.). Tas atstumas vadinamas lęšio žìdinio núotoliu. Kiekvienas lęšis turi du pagrindinius židinius, vienodai nutolusius nuo lęšio į abi puses.

Lygiagretūs su pagrindine optine ašimi spinduliai, perėję glaudžiamąjį lęšį, susirenka jo pagrindiniame židinyje (4.9 pav.), o perėję sklaidomąjį lęšį, sklinda skleistiniu pluoštu; pagrindiniame židinyje susikerta jų tęsiniai (4.10 pav.).

Glaudžiamojo lęšio pagrindinis židinys yra tikras, sklaidomojo — menamas.

• **Žìdinio plokštumà**. Taip vadinama plokštuma, einanti per lęšio pagrindinį židinį statmenai pagrindinei optinei ašiai. Židinio plokštumoje *AB* susikerta su kiekviena optine ašimi lygiagretūs spinduliai (4.11 pav.).



4.11 pav.

Kiekvienas lęšis turi dvi židinio plokštumas. Glaudžiamojo lęšio jos yra tikros, sklaidomojo — menamos.

• **Laužiamóji gebà**. Tai yra dydis, atvirkščias lęšio židinio nuotoliui. Ji žymima raide *D* ir matuojama *diòptrijomis* (kurios sutrumpintai žymimos ta pačia raide D[1]):

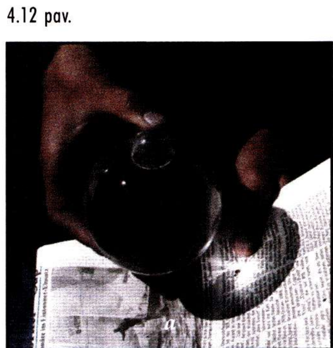
$$D = \frac{1}{F};$$

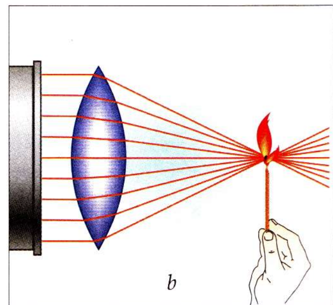
$$[D] = \frac{1}{1\ \text{m}} = 1\ \text{m}^{-1} = 1\ \text{D}.$$

1 D laužiamąją gebą turi lęšis, kurio židinio nuotolis lygus 1 m.

2 bandymas. Iš stipraus šviesos šaltinio į iškiląjį (glaudžiamąjį) lęšį nukreipkime lygiagrečių spindulių pluoštą. Tie spinduliai susirinks viename taške, t. y. pagrindiniame židinyje. Palaikykime jame degtuką arba popieriaus lapą. Šis užsidegs (4.12 pav., *a* ir *b*).

4.12 pav.

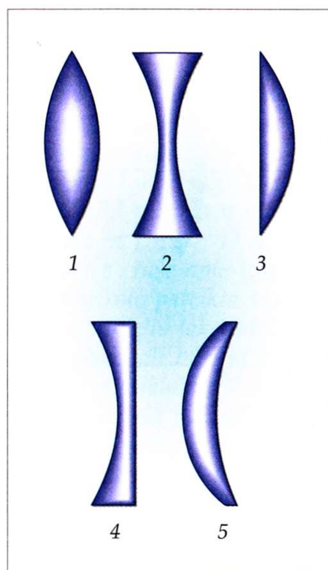




Užduotys

1. Popieriaus lapelyje vinute pradurkite skylutę ir įlašinkite į ją vandens. Per lašą žvilgtelėkite į knygos puslapį. Ką matote? Kaip galėtumėte pavadinti šį „prietaisą"?

[1] Skaitydami įvairius žinynus ar enciklopedijas, galite rasti ir tarptautinį dioptrijos simbolį dpt.



4.13 pav.

2. Ant augalų lapų kartais galima pamatyti nedidelių dėmelių, kurios dažniausiai pasirodo tada, kai saulėtą dieną po lietaus arba palaisčius lieka vandens lašų. Kokia yra šių dėmelių atsiradimo priežastis?

3. Ar įmanoma ledu išgauti ugnies? Pasiūlykite, kaip tai būtų galima padaryti.

4. 4.13 paveiksle pavaizduota keletas lęšių. Kurie iš jų yra glaudžiamieji, o kurie — sklaidomieji?

5. Kodėl iškilieji lęšiai kartais vadinami padegamaisiais stiklais, o apie įgaubtuosius lęšius taip nesakoma?

6. Kaip reikia išdėstyti du glaudžiamuosius lęšius, kad lygiagrečių spindulių pluoštas, perėjęs juos, liktų lygiagretus?

7. Trijų lęšių laužiamoji geba atitinkamai lygi 0,8 D, 2,5 D ir 10 D. Apskaičiuokite kiekvieno lęšio židinio nuotolį.

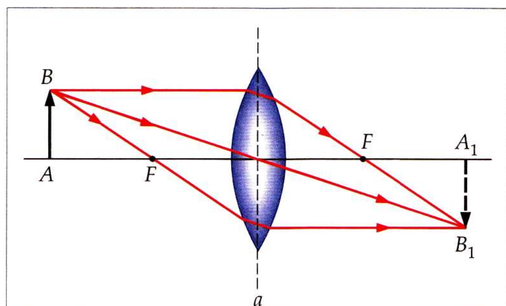
8. Kokia yra laboratorinių lęšių laužiamoji geba, jeigu jų židinio nuotolis 90 mm ir 130 mm?

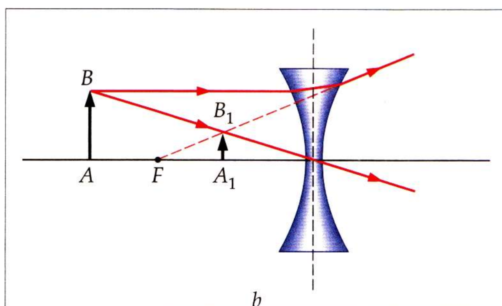
9. Kaip galima, pasinaudojant saulės spinduliais, apytiksliai nustatyti lęšio židinio nuotolį?

4.2. Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas

Patogūs spinduliai

Lęšiais galima gauti įvairių daiktų atvaizdus. Jie priklauso nuo lęšio savybių ir daikto padėties lęšio atžvilgiu. Visi iš daikto kurio nors vieno taško išėję spinduliai už lęšio taip pat sueina į vieną tašką. Norint gauti lęšio sudaromą daikto atvaizdą, pakanka pasirinkti tik keletą patogių spindulių (4.14 pav., *a*, *b*):





4.14 pav.

• spindulį, einantį per optinį centrą ir sutampantį su šalutine optine ašimi;

• spindulį, lygiagretų su pagrindine optine ašimi (lūžęs jis eina per lęšio pagrindinį židinį);

• spindulį, einantį per lęšio pagrindinį židinį (lūžęs jis sklinda lygiagrečiai su pagrindine optine ašimi).

Ieškant pavienių daikto taškų atvaizdų, pakanka nubrėžti du iš minėtų spindulių.

Lęšiais gaunami atvaizdai gali būti **tikríeji** ir **menamíeji**. Tikrasis atvaizdas gaunamas tada, kai sklindanti nuo daikto ar šaltinio kurio nors taško šviesa, perėjusi plonąjį lęšį, vėl susirenka viename taške. Iš pavienių taškų susideda visas daikto ar šaltinio atvaizdas.

Kai lęšis nuo daikto ar šaltinio einančius spindulius prasklеidžia, jie negali susirinkti viename taške ir tikrojo atvaizdo nesudaro. Tačiau jų tęsiniai priešinga kryptimi susikerta viename taške ir šis taškas vadinamas menamúoju ãtvaizdu.

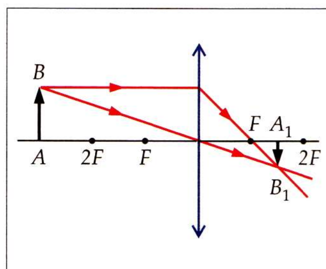
Išnagrinėkime keletą lęšiais gaunamų daiktų atvaizdų.

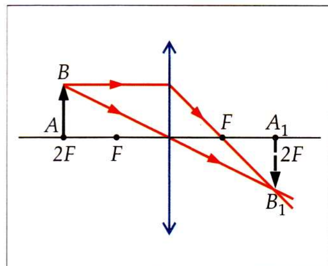
Glaudžiamojo lęšio kuriami atvaizdai

Pradėkime nuo glaudžiamųjų lęšių.

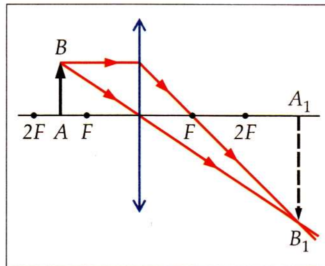
1. Daiktas yra didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu nuo lęšio (4.15 pav.). Jo atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje tarp pagrindinio židinio ir taško, nutolusio nuo lęšio dvigubu židinio nuotoliu. Atvaizdas yra tikrasis, apverstas ir sumažintas.

4.15 pav.

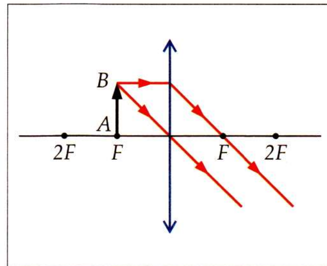




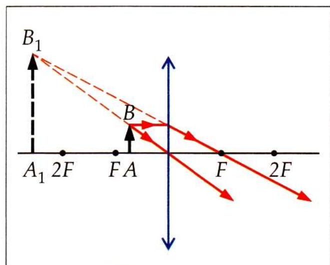
4.16 pav.



4.17 pav.



4.18 pav.



4.19 pav.

2. Daiktas pastatomas dvigubu židinio nuotoliu nuo lęšio (4.16 pav.). Tikrasis, apverstas, natūralaus dydžio atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje taip pat dvigubu židinio nuotoliu.

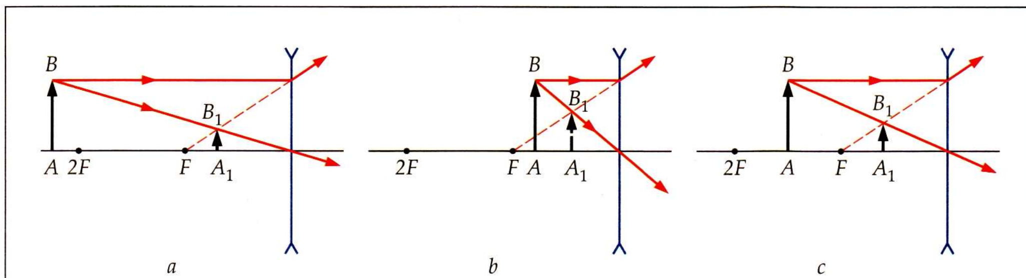
3. Daiktas nutolęs nuo lęšio atstumu, didesniu už židinio nuotolį, bet mažesniu už dvigubą židinio nuotolį (4.17 pav.). Tikrasis, apverstas ir padidintas jo atvaizdas susidaro kitoje lęšio pusėje. Atvaizdas nutolęs nuo lęšio didesniu negu dvigubu židinio nuotoliu.

4. Daiktas yra glaudžiamojo lęšio židinyje (4.18 pav.). Iš kiekvieno daikto taško išeinantys spinduliai, lūžę lęšyje, toliau sklinda lygiagrečiu pluoštu. Nei tikrojo, nei menamojo atvaizdo nėra.

5. Daiktas yra tarp lęšio ir jo židinio (4.19 pav.). Neapverstas, menamasis ir padidintas jo atvaizdas susidaro toje pačioje lęšio pusėje, kaip ir daiktas, atstumu, didesniu už dvigubą židinio nuotolį.

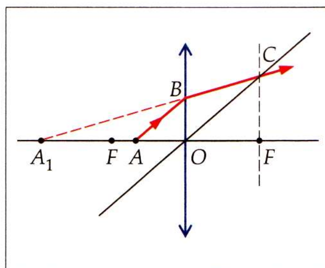
Sklaidomojo lęšio sudaromi atvaizdai

Kad ir kur būtų daiktas sklaidomojo lęšio atžvilgiu, menamasis, sumažintas ir neapverstas jo atvaizdas visada susidaro tarp pagrindinio židinio ir lęšio toje pačioje pusėje, kaip ir daiktas (4.20 pav.).



4.20 pav.

Pagrindinėje optinėje ašyje esančio taško atvaizdas

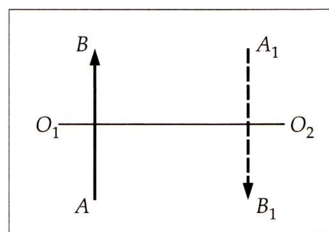


4.21 pav.

Ieškant lęšio pagrindinėje optinėje ašyje esančio šviečiančio taško atvaizdo, keblu naudoti p. 97 išvardytus patogius spindulius. Tuo atveju pasirenkamas bet kuris kitas į lęšį krintantis spindulys, pavyzdžiui, *AB* (4.21 pav.). Norėdami sužinoti, kaip jis lūš lęšyje, nubrėžiame šalutinę optinę ašį *OC*, lygiagrečią su spinduliu *AB*. Taip pat pažymime židinio plokštumą *CF*, einančią per lęšio pagrindinį židinį. Per jos sankirtos su šalutine optine ašimi tašką *C* ir eis lęšyje lūžęs spindulys *AB*. Pratęsus lūžusį spindulį *BC*, kol jis susikirs su pagrindine optine ašimi, randamas šviečiančio taško *A* atvaizdas A_1. Jis yra menamasis, nes taškas *A* buvo tarp pagrindinio židinio ir lęšio.

Pagrindinėje optinėje ašyje esančio taško *A* atvaizdą galima gauti remiantis ir p. 97 aprašytais būdais.

Parodę, kaip lęšiai sudaro atvaizdus, neatsižvelgėme į tai, kad realūs lęšiai ne visada surenka spindulius tiksliai viename taške. Dėl to atvaizdas būna nelabai ryškus.



4.22 pav.

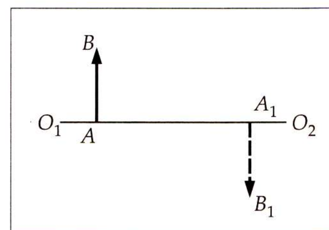
Užduotys

1. Lęšiu ekrane gautas apverstas daikto atvaizdas. Kaip jis pakis, jei pusę lęšio uždengsime neperšviečiamu ekranu?

2. 4.22 paveiksle parodyta daikto *AB* ir jo atvaizdo A_1B_1 padėtis glaudžiamojo lęšio pagrindinėje optinėje ašyje. Kur yra lęšis ir pagrindinis jo židinys?

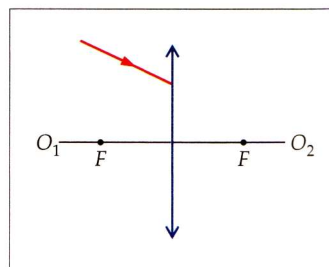
3. 4.23 paveiksle — daiktas ir lęšiu gautas jo atvaizdas. Grafiškai nustatykite lęšio pagrindinio židinio ir optinio centro padėtį. Koks yra tas lęšis: glaudžiamasis ar sklaidomasis?

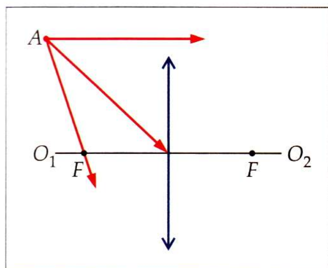
4. Į glaudžiamąjį lęšį spindulys krinta taip, kaip parodyta 4.24 paveiksle. Nubrėžkite tolesnę šio spindulio eigą.



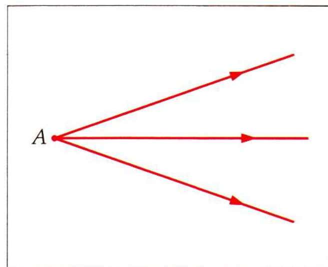
4.23 pav.

4.24 pav.

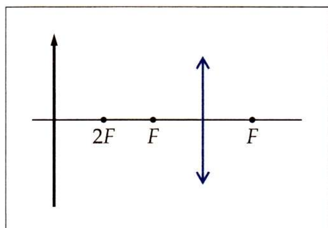




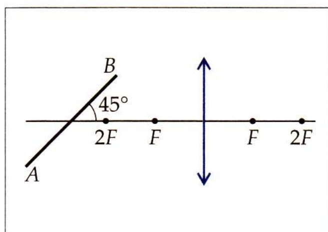
4.25 pav.



4.26 pav.



4.27 pav.



4.28 pav.

5. Raskite 4.25 paveiksle pavaizduoto šviečiančio taško *A* atvaizdą.

6. Kūginio šviesos pluošto spinduliai išeina iš taško *A* (4.26 pav.). Jų kelyje reikia taip pastatyti sklaidomąjį lęšį, kad jį perėję spinduliai sklistų lygiagrečiai su pagrindine optine ašimi. Nustatykite lęšio padėtį, jei žinomas jo židinio nuotolis.

7. Daiktas — didelis, o lęšis — mažas (4.27 pav.). Kaip šiuo atveju gauti daikto atvaizdą? Kokius spindulius reikia imti?

8. Tiesės atkarpa *AB* pasvirusi į glaudžiamojo lęšio pagrindinę optinę ašį 45° kampu (4.28 pav.). Nubraižykite tos atkarpos atvaizdą.

4.3. Plonojo lęšio formulė

Lęšio formulė

Ieškant daikto atvaizdo, nebūtina kaskart braižyti patogius spindulius. Lęšio židinio nuotolį, daiktų ir jų atvaizdų padėtį galima apskaičiuoti matematiškai, remiantis vadinamąja **plónojo lę̃šio fòrmule**, kurią trumpumo dėlei toliau vadinsime lęšio formule. Išveskime ją, turėdami galvoje, kad ji tinka tik plonajam lęšiui.

Kurioje nors lęšio pagrindinės optinės ašies vietoje pasirinkime daiktą *AB* ir, nubraižę spindulių eigą, raskime atvaizdą A_1B_1 (4.29 pav.). Pažymėkime:

F — lęšio pagrindinis židinys (kartu ir židinio nuotolis),

d — daikto atstumas nuo lęšio,

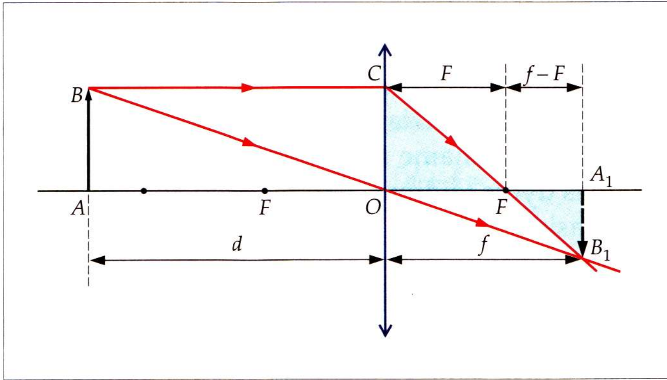
f — atvaizdo atstumas nuo lęšio,

AB — daikto aukštis,

A_1B_1 — atvaizdo aukštis.

Trikampiai *ABO* ir A_1B_1O panašūs, todėl

$$\frac{d}{f} = \frac{AB}{A_1B_1}. \qquad (1)$$



4.29 pav.

Trikampiai OCF ir A_1B_1F taip pat panašūs. Atsižvelgę į tai, kad $OC = AB$ ir $FA_1 = f - F$, gauname:

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{F}{f - F}. \qquad (2)$$

Iš (1) ir (2) lygybės išeina, kad

$$\frac{d}{f} = \frac{F}{f - F}.$$

Atlikę veiksmus, gauname:

$$df - dF = fF.$$

Padaliję kiekvieną šios lygybės narį iš Ffd ir pertvarkę, turėsime:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

arba

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Tai ir yra plonojo lęšio formulė. Jos dydžiai F, d ir f gali būti tiek teigiami, tiek neigiami. Sprendžiant uždavinius, laikomasi tokių taisyklių:

- kai lęšis glaudžiamasis (taigi jo židinys tikrasis), dydis F yra teigiamas;
- kai lęšis sklaidomasis (tada jo židinys menamasis), dydis F yra neigiamas;
- kai daikto atvaizdas tikrasis, dydis f yra teigiamas;

- kai atvaizdas menamasis, dydis f yra neigiamas;
- kai daiktas tikrasis, dydis d yra teigiamas.

Taikydami lęšio formulę, iš pradžių darome prielaidą, kad visi dydžiai (F, d, f) yra teigiami. Jeigu apskaičiavę gauname neigiamą vertę, vadinasi, atitinkamas dydis (židinys, daiktas ar jo atvaizdas) yra menamasis.

Lęšio didinimas

Lęšiu gauto daikto atvaizdo ir paties daikto matmenų santykis vadinamas lęšio **tiesiniù dìdinimu** Γ (Γ — graikų abėcėlės gama didžioji raidė):

$$\Gamma = \frac{A_1B_1}{AB}.$$

Iš (1) lygybės matyti, kad

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{f}{d},$$

taigi

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|};$$

čia parašyti dydžių f ir d moduliai, nes didinimas nepriklauso nuo tų dydžių ženklo.

Tiesinis didinimas rodo, kiek kartų atvaizdas yra didesnis už daiktą arba kiek kartų atvaizdo atstumas nuo lęšio didesnis už daikto atstumą nuo lęšio.

Uždavinys. 15 cm aukščio pieštuką reikia suprojektuoti į ekraną taip, kad jo atvaizdas būtų 1,35 m aukščio. Pieštukas nutolęs nuo ekrano 4 m. Koks turi būti lęšio židinio nuotolis?

h = 15 cm = 0,15 m
H = 1,35 m
l = 4 m

F — ?

S p r e n d i m a s. Lęšio židinio nuotolį galime rasti remdamiesi lęšio formule

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

tik reikia sužinoti atstumus d ir f. Atsižvelgdami į tai, kad $d + f = l$, o $\Gamma = \frac{|f|}{|d|} = \frac{H}{h}$, sudarome lygčių sistemą ir ją išsprendžiame:

$$\begin{cases} d + f = 4, \\ \frac{f}{d} = \frac{1,35}{0,15}, \end{cases} \qquad \begin{cases} d + f = 4, \\ f = 9d, \end{cases}$$

$$d + 9d = 4,\ 10d = 4,\ d = 0,4 \text{ m},$$
$$f = 9 \cdot 0,4 \text{ m} = 3,6 \text{ m}.$$

Tada

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{0,4} + \frac{1}{3,6} = \frac{100}{36},$$

$$F = \frac{36}{100} \text{ m} = 0,36 \text{ m}.$$

Atsakymas: 0,36 m.

Užduotys

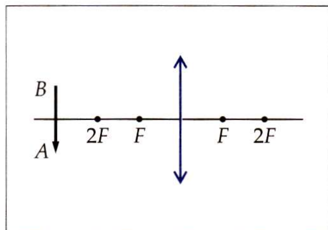
1. Apskaičiuokite glaudžiamojo lęšio laužiamąją gebą ir židinio nuotolį, kai 24 cm atstumu nuo lęšio padėto daikto atvaizdas susidaro už 0,4 m nuo to lęšio.

2. Lęšio židinio nuotolis $F = 20$ cm, daikto atstumas nuo lęšio $d = 30$ cm. Kokiu atstumu nuo lęšio yra daikto atvaizdas? Apskaičiuokite to lęšio didinimą.

3. 10 cm aukščio daiktas yra 15 cm atstumu nuo glaudžiamojo lęšio, kurio židinio nuotolis 10 cm. Kokiu atstumu nuo lęšio susidaro to daikto atvaizdas? Koks yra jo aukštis?

4. Daiktas yra 24 cm atstumu nuo glaudžiamojo lęšio, kurio židinio nuotolis 3 cm. Kokiu atstumu nuo lęšio susidaro daikto atvaizdas? Koks yra tas atvaizdas?

5. Daiktas nutolęs 24 cm atstumu nuo sklaidomojo lęšio, kurio židinio nuotolis 8 cm. Kokiu atstumu nuo lęšio susidarys daikto atvaizdas?



4.30 pav.

6. 10 cm aukščio daiktas pastatytas 20 cm atstumu nuo sklaidomojo lęšio, kurio židinio nuotolis 20 cm. Kokiu atstumu nuo lęšio susidaro atvaizdas? Koks jis? Apskaičiuokite atvaizdo aukštį.

7. Atstumas nuo lemputės iki ekrano 3,2 m. Kur reikia pastatyti lęšį, norint juo gauti ryškų, 3 kartus padidintą lemputės atvaizdą? Koks yra to lęšio židinio nuotolis?

8. Remdamiesi 4.30 paveiksle pateiktais duomenimis, nubraižykite daikto *AB* atvaizdą A_1B_1. Kur jis yra?

2-asis laboratorinis darbas. Glaudžiamojo lęšio židinio nuotolio ir laužiamosios gebos nustatymas

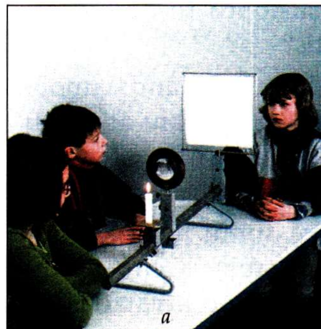
Priemonės: 1) keletas glaudžiamųjų lęšių; 2) lemputė arba žvakė; 3) kišeninio žibintuvėlio baterija; 4) jungiamieji laidai; 5) jungiklis; 6) mažas ekranas; 7) liniuotė arba matavimo juosta; 8) degtukai (jei bus naudojama žvakė).

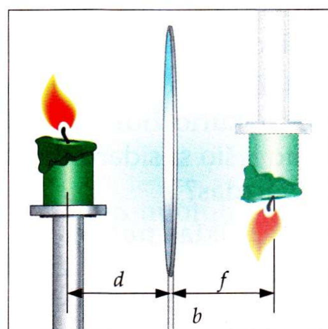
D a r b o   e i g a

1. Kišeninio žibintuvėlio bateriją, jungiklį ir lemputę sujunkite laidais į elektros grandinę (kad lemputė šviestų) arba uždekite žvakę.

2. Ant stalo vienoje tiesėje išdėstykite lemputę (žvakę), lęšį ir ekraną (4.31 pav., *a*). (4.31 paveiksle, *b* — bandymo schema.)

4.31 pav.





3. Slankiokite lęšį tarp lemputės (žvakės) ir ekrano tol, kol pamatysite ryškų įkaitusio lemputės siūlo (arba žvakės liepsnos) atvaizdą.

4. Išmatuokite atstumą d nuo lemputės (žvakės) iki lęšio ir atstumą f nuo lęšio iki ekrano.

5. Pagal plonojo lęšio formulę

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$$

apskaičiuokite lęšio židinio nuotolį ir laužiamąją gebą.

6. Vieną lęšį pakeiskite kitais ir tokiu pat būdu apskaičiuokite kiekvieno jų židinio nuotolį bei laužiamąją gebą.

Užduotys ??

1. Ar gali iš taškinio šviesos šaltinio sklindantys spinduliai, perėję glaudžiamąjį lęšį, sudaryti skleistinį pluoštą? Jei gali, tai kokiu atveju?

2. Daikto, pastatyto 15 cm atstumu prieš glaudžiamąjį lęšį, atvaizdas yra už 30 cm nuo lęšio. Apskaičiuokite lęšio židinio nuotolį.

3. Lęšio židinio nuotolis 20 cm. Daiktas yra 24 cm atstumu nuo lęšio. Apskaičiuokite atstumą nuo atvaizdo iki lęšio.

4. Kur reikia pastatyti daiktą prieš glaudžiamąjį lęšį, kad atstumas tarp daikto ir jo tikrojo atvaizdo būtų mažiausias?

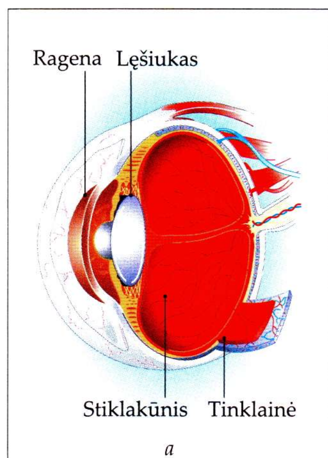
5. Kokiu atstumu nuo iškilojo lęšio, kurio židinio nuotolis 40 cm, reikia padėti daiktą, kad kitoje lęšio pusėje susidarytų natūralaus dydžio atvaizdas? Apskaičiuokite lęšio didinimą.

6. Apskaičiuokite sklaidomojo lęšio židinio nuotolį, kai atstumas nuo lęšio iki daikto lygus 12 cm, o iki atvaizdo — 5,5 cm.

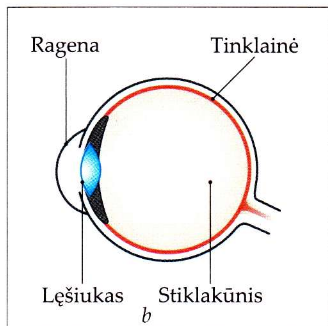
7. Lęšių pagrindinio židinio nuotolis yra 4 m ir 10 mm. Apskaičiuokite kiekvieno lęšio laužiamąją gebą.

8. Nustatykite akinių stiklų židinio nuotolį, žinodami, kad vieno jų laužiamoji geba lygi 2,0 D, kito — 2,5 D.

4.4. Akies optinės savybės



a



b

4.32 pav.

Akis — optinė sistema

Žmogus gali sėkmingai orientuotis aplinkoje, prie jos prisitaikyti ar ją keisti tik nuolat gaudamas informacijos. Tam labiausiai tarnauja akys — vienas svarbiausių žmogaus jutimo organų. Jos priima kūnų spinduliuojamą ar atspindimą šviesą, dėl to žmogus mato, kas dedasi aplinkui, gali dirbti įvairų darbą.

Akies sandarą (4.32 pav., *a*) jau nagrinėjote per biologijos pamokas. Tad čia susipažinsime tik su akies veikimo fizikiniais pagrindais.

Akies optinė sistema (4.32 pav., *b*), kurią sudaro ragenà, lęšiùkas ir stiklãkūnis, veikia kaip mažo židinio nuotolio glaudžiamasis lęšis. Nuo daikto sklindantys spinduliai, perėję tokį lęšį, akies tinklainėje sudaro tikrąjį, sumažintą ir apverstą daikto atvaizdą, kuris sudirgina regimojo nervo galūnes. Šis signalas perduodamas į smegenis, ir žmogus mato „pataisytą" atvaizdą — neapverstą daiktą.

Akomodacija

Akies prisitaikymas matyti įvairiai nuo jos nutolusius daiktus vadinamas **akomodãcija** (lot. *accomodatio* — pritaikymas, prisitaikymas). Jei daiktas yra toli nuo akies, jo atvaizdas tinklainėje susidaro neįtempiant akies raumenų. Artinant daiktą, raumenys taip keičia lęšiuko iškilumą (o kartu ir jo židinio nuotolį bei laužiamąją gebą), kad atvaizdas vėl atsiduria tinklainėje. Mažiausią atstumą, kuriuo akis be ypatingo raumenų įtempimo gali įžiūrėti daikto detales, vadiname **geriáusio mãtymo núotoliu**. Normalios akies jis yra apie 25 cm. Būtent tokiu atstumu reikia laikyti skaitomą knygą, sąsiuvinį, kuriame rašoma, ir t. t.

Regėjimas abiem akimis

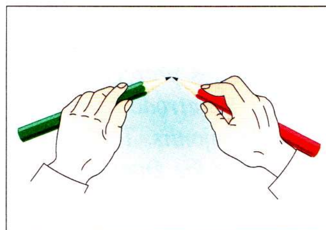
Žmogus turi dvi akis. Betgi daikto atvaizdas puikiausiai gaunamas viena akimi. Tad kam reikalinga antroji?

Žiūrėdami į daiktus abiem akimis, juntame visus tris matmenis: plotį, aukštį ir gylį, todėl galime aiškiai suvokti, kuris daiktas yra arčiau, o kuris — toliau. Viena akimi trimatė erdvė būtų suvokiama blogiau.

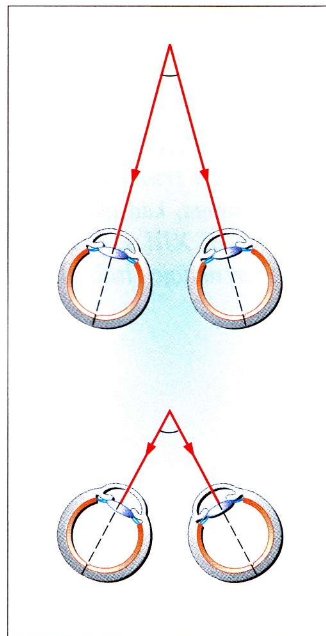
1 bandymas. Į kiekvieną ranką paimkite po pieštuką ir sulieskite juos smaigaliais (4.33 pav.). Tai padaryti visiškai nesunku. Bandymą pakartokite užmerkę vieną akį. Vargu ar pasiseks.

Žiūrėdami į daiktą, akis pakreipiame taip, kad jų regėjimo ašys susikirstų viename taške, t. y. ten, kur yra daiktas (4.34 pav.). Dėl to akių raumenis reikia įtempti. Kuo arčiau yra daiktas, tuo labiau turi įsitempti atitinkami raumenys. Pagal raumenų įsitempimą įvertiname atstumą iki apžiūrimo daikto.

Atstumą iki tolimų daiktų sunku tiksliai nustatyti ir abiem akimis, nes jų regėjimo ašys pasidaro beveik lygiagrečios.



4.33 pav.

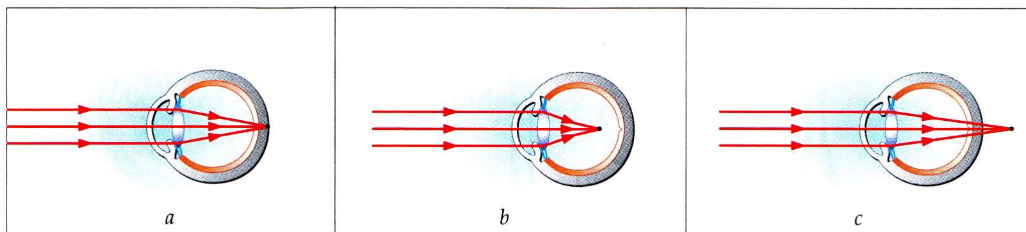


4.34 pav.

Trumparegystė ir toliaregystė

Kalbėdami apie geriausio matymo nuotolį, paminėjome normalią akį. Kokia ji? Normalia vadinama tokia akis, kurios optinės sistemos pagrindinis židinys yra ties geltonąja dėme (4.35 pav., *a*). Tačiau esti žmonių, kurių šis židinys tokiomis pat sąlygomis yra prieš tinklainę (4.35 pav., *b*) arba už jos (4.35 pav., *c*). Pirmuoju atveju akis vadinama **trumparegė** (o regėjimo yda — **trumparegystė**), antruoju —

4.35 pav.



Tai įdomu !

• *Akliems iš prigimties po operacijos praregėjus, visi daiktai atrodo apversti aukštyn kojomis. Tik po kurio laiko šie žmonės ima regėti normaliai.*

• *Šiuo metu populiarūs kontaktiniai plastiko lęšiai, dedami tiesiog ant akies obuolio. Jie praleidžia akiai reikalingą deguonį. Dažniausiai naudojami profesiniais (aktoriai, sportininkai) ir kosmetiniais tikslais arba esant didelei trumparegystei.*

• *Manoma, kad akiniai buvo išrasti XIII a. pabaigoje Florèncijoje (Itãlija).*

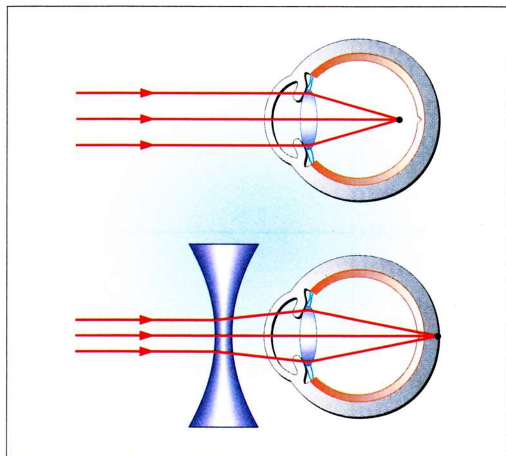
toliaregè (**toliaregystè**). Trumparegiai blogai mato tolimus daiktus, todėl apžiūrimą daiktą jie stengiasi priartinti atstumu, mažesniu už geriausio matymo nuotolį. Toliaregiai, atvirkščiai, prastai mato artimus daiktus, taigi stengiasi juos nutolinti. Normaliai regintys žmonės senatvėje tampa toliaregiais — sumažėja akių gebėjimas prisitaikyti (nusilpsta lęšiuką reguliuojantys raumenys, lęšiukas sustandėja ir netenka tamprumo).

Akiniai

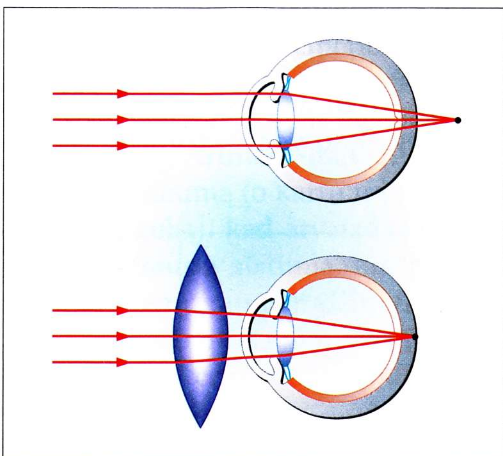
Regos ydoms koreguoti arba akims apsaugoti nuo žalingo aplinkos poveikio naudojami tam tikri prietaisai — **akiniaĩ** (įrėminti lęšiai). Trumparegiams padeda akiniai su sklaidomaisiais lęšiais (4.36 pav.), nes jie sumažina akies laužiamąją gebą. Trumparegiai nešioja akinius, kurių laužiamoji geba –0,5 D, –2 D, –3,5 D ir t. t. Toliaregiams tinka akiniai su glaudžiamaisiais lęšiais (4.37 pav.), mat akies laužiamąją gebą reikia padidinti. Toliaregių akinių laužiamoji geba gali būti, pavyzdžiui, +1 D, +2,5 D, +3 D. Buityje akiniai dažnai vadinami minusiniais ir pliusiniais.

Siekdami išvengti regos ydų, savo akis turime tausoti: neskaitykime gulėdami, važiuodami autobusu, prietemoje arba esant pernelyg stipriam

4.36 pav.



4.37 pav.



apšvietimui. Per stipri šviesa gali pakenkti akims, todėl niekada nežiūrėkime tiesiai į saulę arba į šviesą, skleidžiamą metalų suvirinimo aparatų ir t. t., saulėtą dieną nešiokime akinius su tamsiais stiklais.

Regėjimo pojūčių išlikimas

Žmogaus regėjimo pojūčiai kurį laiką išlieka, nors šviesa akies ir nebeveikia.

2 bandymas. Sukime ratu degantį žibintuvėlį. Matysime švytinčią ištisinę liniją — apskritimą. Kodėl?

Patekusi į akies tinklainę, šviesa ją sudirgina. Tas sudirginimas neišnyksta akimirksniu, nustojus veikti šviesai, bet dar trunka apie 0,1 s. Jeigu laiko tarpas tarp gretimų sudirginimų yra mažesnis nei 0,1 s, sudirginimai susilieja — matome ištisinį vaizdą. Šiuo principu pagrįstas kino veikimas: judesio įspūdį sukelia dideliu greičiu viena po kitos ekrane rodomos nuotraukos.

Užduotys

1. Kai akys normalios, knygą skaitome laikydami ją 25—30 cm atstumu nuo akių. Kai kurie mokiniai skaito labai pasilenkę. Ką tai galėtų reikšti?

2. Kaip, pasižiūrėjus į akinius, nustatyti, kas yra jų savininkas: trumparegis ar toliaregis?

3. Kodėl toliaregiai skaito laikydami laikraštį ar knygą ištiestomis rankomis?

4. Pieštuką laikykite prieš akis vertikaliai įvairiu atstumu. Paeiliui užmerkite tai vieną, tai kitą akį. Ką pastebite kiekvieną kartą?

5. Kodėl tolimi daiktai, žiūrint į juos pro akinius su glaudžiamaisiais lęšiais, neatrodo apversti?

6. Kada akies laužiamoji geba didesnė: žiūrint į tolimus ar į artimus daiktus?

7. Akinių lęšių laužiamoji geba 2 D. Kokie tai lęšiai? Kokią ydą jie padeda ištaisyti?

8. Žmogus skaito knygą, laikydamas ją 25 cm atstumu nuo akių. Kokia yra to žmogaus akies lęšiuko laužiamoji geba?

9. Kodėl mums atrodo, kad lyja čiurkšlėmis, nors krinta tik atskiri vandens lašai?

10. Ant pieštuko pažymėkite tašką ir greitai paridenkite pieštuką stalu. Ką matote? Paaiškinkite stebimą reiškinį.

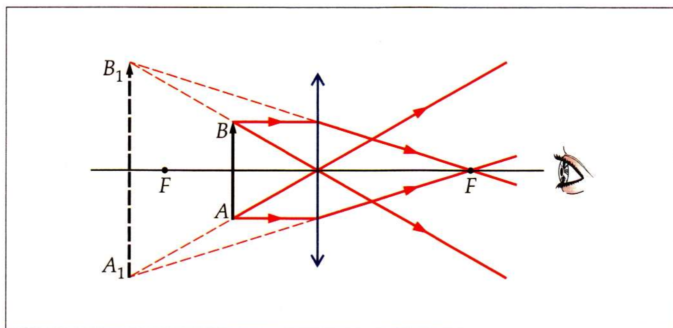
4.5. Optiniai prietaisai

Ištyrus geometrinės optikos dėsningumus, sukurta daug plačiai naudojamų optinių prietaisų. Su keletu jų (lupa, mikroskopu, teleskopu, fotoaparatu, projektoriumi) ir susipažinsime.

Lupa

Lupà (pranc. *laupe*) yra pats paprasčiausias optinis prietaisas. Kartais ji dar vadinama di̇̀dinamuoju stiklù. Tai trumpo židinio nuotolio glaudžiamasis lęšis su aptaisais, naudojamas smulkiems daiktams įžiūrėti. Tiriamas daiktas *AB* dedamas tarp lęšio ir jo pagrindinio židinio (4.38 pav.). Akimi matomas menamasis, padidintas ir neapverstas daikto atvaizdas A_1B_1.

4.38 pav.



Daiktas dedamas nuo lęšio tokiu atstumu, kad jo atvaizdas susidarytų geriausio matymo nuotoliu (f = 25 cm). Įvairaus židinio nuotolio lupos didina nuo 2,5 iki 25 kartų.

Mikroskopas

Dar vienas optinis prietaisas mažų daiktų padidintam atvaizdui gauti yra **mikroskòpas** (4.39 pav.; gr. *mikros* — mažas + *skopeo* — žiūriu, stebiu). Jo optinė sistema sudaryta iš dviejų glaudžiamųjų lęšių:

- **objektỹvo** (lot. *objectivus* — susijęs su daiktu), t. y. trumpo židinio nuotolio lęšio, prieš kurį dedamas stebimas daiktas;
- **okuliãro** (lot. *ocularis* — akių, akinis) — ilgo židinio nuotolio lęšio, pro kurį žiūrima.

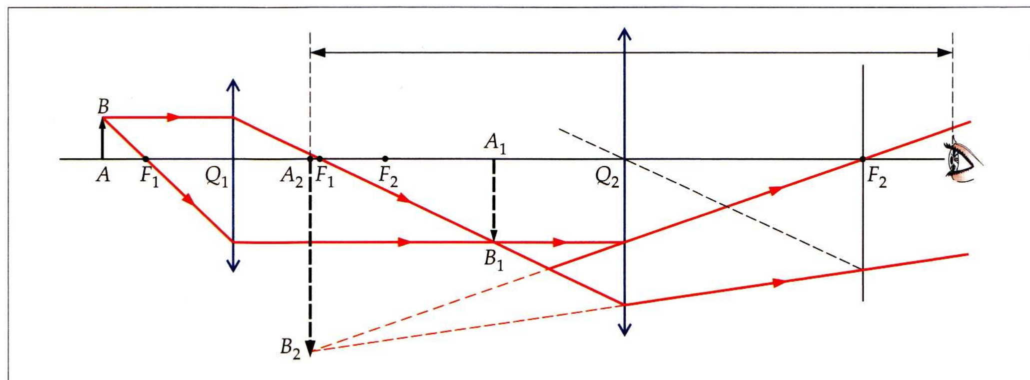
Mikroskopo veikimą paaiškina 4.40 paveiksle pavaizduota schema. Daiktas AB dedamas netoli objektyvo — tarp jo pagrindinio židinio ir taško, nutolusio dvigubu židinio nuotoliu. Objektyvas sukuria tikrąjį, padidintą ir apverstą daikto atvaizdą A_1B_1. Jis susidaro tarp okuliaro ir jo pagrindinio židinio. Okuliaras savo ruožtu sukuria menamąjį ir padidintą atvaizdo A_1B_1 (okuliarui jis atstoja daiktą) atvaizdą A_2B_2, kurį mato akis.

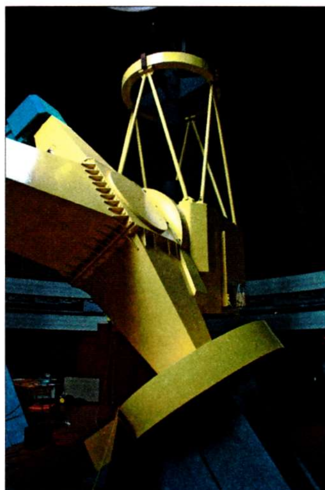
Objektyvas ir okuliaras paprastai įtaisomi viename vamzdyje taip, kad būtų galima keisti atstumą tarp jų. Gali atrodyti, kad mikroskopas yra visiškai paprasta lęšių sistema. Iš tiesų šiuolaikinis mikroskopas — sudėtingas prietaisas, kurio objektyvą ir okuliarą sudaro ne vienas, o keletas lęšių. Jis gali didinti iki 3000 kartų.



4.39 pav.

4.40 pav.



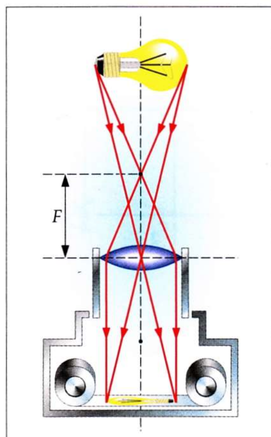


4.41 pav.

Tai įdomu !

- *Pirmieji teleskopai sukonstruoti Olándijoje 1600—1609 m. 1609 m. Galilėjas Galilėjus pradėjo naudoti teleskopą astronominiams stebėjimams.*
- *Didžiausią pasaulyje 102 cm skersmens objektyvą turi Jèrkyso observatorijos (JAV) teleskopas, įrengtas 1897 m.*

4.43 pav.



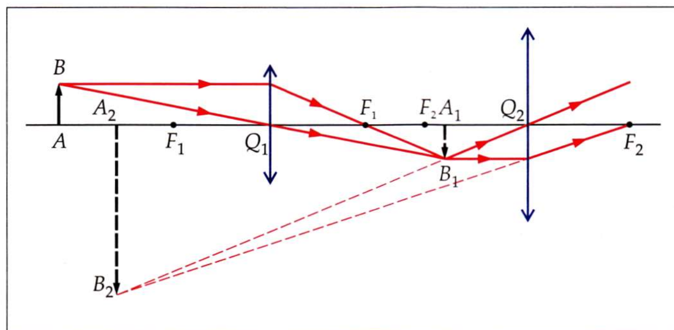
Teleskopas

Tolimiems objektams stebėti naudojamas optinis prietaisas (4.41 pav.), kuris vadinamas **teleskopù** (gr. *tele* — toli + *skopeo* — žiūriu, stebiu). Jis sudarytas iš dviejų glaudžiamųjų lęšių:

- objektyvo — ilgo židinio nuotolio lęšio;
- okuliaro — trumpo židinio nuotolio lęšio.

Teleskopo veikimą galima paaiškinti remiantis 4.42 paveiksle pavaizduota schema. Nukreipus teleskopą į tolimą objektą *AB*, arti objektyvo židinio (maždaug jo plokštumoje) gaunamas tikrasis, sumažintas ir apverstas objekto atvaizdas A_1B_1, kuris atsiduria tarp okuliaro ir jo pagrindinio židinio. Dabar okuliaras veikia kaip lupa ir sukuria menamąjį, padidintą ir neapverstą atvaizdo A_1B_1 atvaizdą A_2B_2 (lyginant su pačiu objektu *AB*, jis yra apverstas). Žvaigždžių atvaizdai yra beveik taškiniai, todėl astronominiams stebėjimams nesvarbu, kad jie apversti.

4.42 pav.



Fotoaparatas

Prietaisas daiktų atvaizdui gauti šviesai jautrioje medžiagoje vadinamas **fotoaparatù** (gr. *phos* (kilm. *photos*) — šviesa + lot. *apparatus* — įrenginys). Tai neperšviečiama kamera, kurios užpakalinėje sienelėje yra šviesai jautri plokštelė ar filmas, o priekinėje dalyje — objektyvas (4.43 pav.).

Atidengus objektyvą tam tikram laiko tarpui (kuris vadinamas ekspozicijos trukme), šviesa paveikia

jautrųjį plokštelės arba fotografinio filmo sluoksnį, įvyksta fotocheminė reakcija ir susidaro slaptasis daikto atvaizdas.

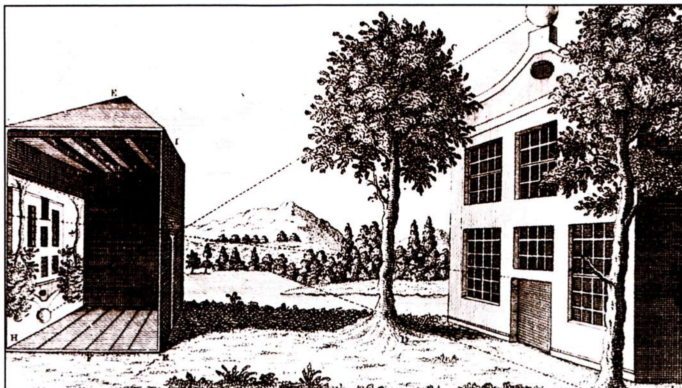
Specialių medžiagų tirpalais fotografinis filmas ryškinamas ir fiksuojamas (pranc. *fizer*, kil. iš lot. *fixus* — tvirtas, nesuardomas). Gaunamas negatỹvas (lot. *negativus* — neigiamas, blogas), kuriame šviesios daiktų dalys būna tamsios, o tamsios — šviesios. Darant nuotrauką, negatyvas dedamas virš šviesai jautraus (fotografinio) popieriaus ir apšviečiamas. Per negatyvą perėję spinduliai popieriuje sukuria slaptąjį daikto atvaizdą. Paskui jis ryškinamas ir fiksuojamas. Iš vieno negatyvo galima padaryti daug ir įvairaus dydžio nuotraukų.

Projektorius

Tikriausiai teko matyti aparatus, kuriuos šiandien dažnai naudoja lektoriai, norėdami salėje sėdintiems klausytojams parodyti ant skaidrios plėvelės padarytus brėžinius ar kitokius užrašus. Tokie prietaisai, vadinami **projèktoriais** (lot. *projetio* — metimas į priekį), sudaro galimybę rašyti ant plėvelės, netgi ją demonstruojant. Projektoriams nereikia užtemdytos patalpos, jie gali pakeisti kreida lentoje rašomus lektoriaus užrašus.

Projektoriaus veikimo principas parodytas 4.46 paveiksle. Stipraus šaltinio *1* visas šviesos srautas veidrodžiu 2 nukreipiamas į specialų lęšį *3* — kondeñsorių (lot. *condenso* — sutirštinu), ant kurio

4.44 pav.



Tai įdomu !

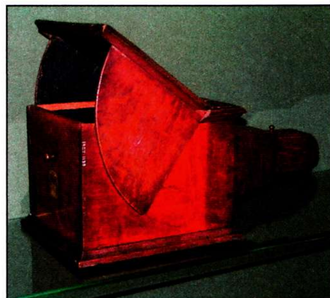
• *Fotoaparato prototipas yra kamera obskura (lot.* obscura — *tamsi; 4.45 pav.). Aklinos dėžės vienos sienelės centre padaroma nedidelė skylutė, kuri atsukama į kokį nors daiktą. Praėję pro skylutę spinduliai priešingoje dėžės sienelėje sukuria apverstą šio daikto atvaizdą (4.44 pav.). Iki fotoaparato išradimo kamera obskura buvo naudojama tiksliems daiktų piešiniams gauti.*

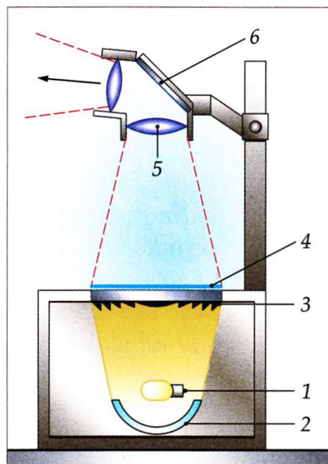
• *Kamera obskura buvo žinoma jau Aristoteliui* (Aristoteles, *384—322 pr. Kr.*).

• *Apie 1500 m. Leonardas da Vinčis* (Leonardo da Vinci) *naudojo kamerą obskurą objektams projektuoti į popierių, drobę, teoriškai aprašė fotografijos kamerą.*

• *Šiuolaikinės fotografijos pradininku laikomas prancūzų išradėjas Luji Dageras* (Louis Daguerre), *1839 m. sukūręs fotoaparatą.*

4.45 pav.





4.46 pav.

dedama prirašyta arba tuščia skaidri plėvelė *4*. Toliau šviesa patenka į dar vieną lęšį — objektyvą *5*, o perėjusi jį, veidrodžiu *6* nukreipiama į ekraną. Paskaitos klausytojai ekrane mato padidintą plėvelės atvaizdą.

Užduotys

1. Iš lėktuvo, skrendančio 800 m aukštyje, reikia nufotografuoti vietovę masteliu 1 : 1000. Kokio židinio nuotolio turi būti tokio fotoaparato objektyvas?

2. 100 m atstumu fotografuoto medžio aukštis negatyve 12 mm. Fotoaparato objektyvo židinio nuotolis 5 cm. Koks yra tikrasis medžio aukštis?

3. Fotoaparatu iš 500 m atstumo nufotografuotas televizijos bokštas. Objektyvo židinio nuotolis 50 mm. Apskaičiuokite televizijos bokšto aukštį, kai atvaizdas fotografiniame filme yra 36 mm aukščio.

4. Kaip turi naudotis mikroskopu akinius nešiojantys žmonės — į okuliarą žiūrėti pro akinius ar be jų?

5. Paimkite popierinę dėžutę. Viename jos gale vinimi pradurkite nedidelę skylutę, o kitame padarykite langelį, kurį pridenkite labai plonu peršviečiamo popieriaus lapeliu. Uždegtą žvakę pastatykite toje dėžutės pusėje, kurioje yra skylutė. Stumdydami žvakę artyn ir tolyn, stebėkite peršviečiamą popierių. Ką matote? Kokį prietaisą pagaminote?

3-iasis laboratorinis darbas. **Glaudžiamaisiais lęšiais gautų atvaizdų stebėjimas**

Priemonės: 1) keletas glaudžiamųjų lęšių; 2) lemputė arba žvakė; 3) kišeninio žibintuvėlio baterija; 4) jungiamieji laidai; 5) jungiklis; 6) mažas ekranas; 7) liniuotė arba matavimo juosta; 8) degtukai (jei bus naudojama žvakė).

D a r b o   e i g a

1. Lęšiu sudarykite ekrane lango atvaizdą. Išmatuokite atstumą nuo lęšio iki atvaizdo. Tai bus apytikslis lęšio židinio nuotolis. Kuo toliau nuo lango pastatysite lęšį, tuo tiksliau išmatuosite jo židinio nuotolį.

2. Nubraižykite spindulių eigą, pavaizduodami, kaip susidaro lango atvaizdas ekrane.

3. Kišeninio žibintuvėlio bateriją, jungiklį ir lemputę sujunkite laidais į elektros grandinę (kad lemputė šviestų) arba uždekite žvakę.

4. Šviečiančią lemputę arba degančią žvakę, lęšį ir ekraną išdėstykite ant stalo vienoje tiesėje.

5. Stumdykite lemputę ar žvakę pirmyn ir atgal, kol ekrane gausite ryškų lemputės kaitinamojo siūlo ar žvakės liepsnos atvaizdą.

6. Išmatuokite atstumą nuo lemputės (žvakės) iki lęšio ir nuo lęšio iki atvaizdo. Kiekvienu atveju nubraižykite spindulių eigą.

7. Darbo rezultatus palyginkite su 4.16—4.19 paveikslu.

Užduotys ??

1. Daiktas yra 60 cm atstumu nuo glaudžiamojo lęšio, kurio židinio nuotolis 10 cm. Kokiu atstumu nuo lęšio bus to daikto atvaizdas?

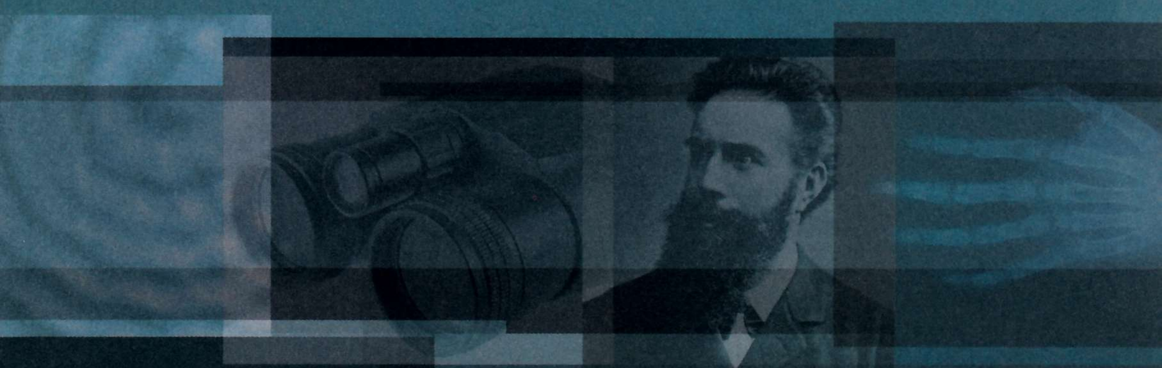
2. Daikto, pastatyto 0,25 cm atstumu nuo iškilojo lęšio, atvaizdas yra tikrasis, 3 kartus padidintas ir apverstas. Apskaičiuokite lęšio židinio nuotolį.

3. Šviečiantis taškas yra sklaidomojo lęšio židinyje. Kokiu atstumu nuo lęšio susidaro to taško atvaizdas?

Skyriaus „Lęšiai ir optiniai prietaisai" santrauka

Lęšis	Lęšiu vadinamas kūnas, apribotas dviejų rutuliškųjų paviršių (vienas tų paviršių gali būti plokščias). Lęšiai būna dviejų rūšių: • iškilieji, arba glaudžiamieji; • įgaubtieji, arba sklaidomieji. Lęšį apibūdina šios sąvokos: • optinis centras; • pagrindinė optinė ašis; • šalutinė optinė ašis; • pagrindinis židinys; • židinio plokštuma.
Laužiamoji geba $D = \frac{1}{F}$ $[D]$ = 1 D	Dydis, atvirkščias lęšio židinio nuotoliui, vadinamas lęšio laužiamąja geba. Laužiamosios gebos matavimo vienetas yra dioptrija (D).
Plonojo lęšio formulė $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$	Plonojo lęšio formulė sieja lęšio židinio nuotolį F, daikto atstumą d nuo lęšio ir atvaizdo atstumą f nuo lęšio.
Lęšio didinimas $\Gamma = \frac{\lvert f \rvert}{\lvert d \rvert}$	Lęšio tiesinis didinimas rodo, kiek kartų daikto atvaizdas yra didesnis už patį daiktą. Jis lygus atvaizdo atstumo nuo lęšio ir daikto atstumo nuo lęšio santykiui.
Optiniai prietaisai	• Lupa • Fotoaparatas • Mikroskopas • Teleskopas • Projektorius
Lęšiais gaunamų atvaizdų braižymas	Norint rasti daikto taško atvaizdą, pakanka nubraižyti du iš šių trijų spindulių: • spindulį, sutampantį su šalutine optine ašimi; • spindulį, lygiagretų su pagrindine optine ašimi (lūžęs jis eina per lęšio pagrindinį židinį); • spindulį, einantį per lęšio pagrindinį židinį (lūžęs jis eina lygiagrečiai su pagrindine optine ašimi).

Daikto padėtis	Atvaizdo padėtis	Atvaizdo ypatybės	Brėžinys
$2F < d < \infty$	$F < f < 2F$	Tikrasis, sumažintas, apverstas	F 2F 2F F
$d = 2F$	$f = 2F$	Tikrasis, natūralaus dydžio, apverstas	F 2F 2F F
$F < d < 2F$	$2F < f < \infty$	Tikrasis, padidintas, apverstas	F 2F 2F F
$d = F$	$f = \infty$	Atvaizdas nesusidaro	2F F F 2F
$0 < d < F$	$0 < f < \infty$	Menamasis, padidintas, neapverstas	2F F F 2F
$0 < d < \infty$	$0 < f < F$	Menamasis, sumažintas, neapverstas	2F F



OPTICKS:

OR, A

TREATISE

OF THE

5 Šviesos banginės savybės

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- dispersijos reiškiniu;
- elektromagnetinių bangų skale: infraraudonaisiais, regimaisiais, ultravioletiniais, rentgeno ir gama spinduliais;
- įvairių rūšių spektrais;
- spektrine analize;
- šviesos interferencijos reiškiniu;
- šviesos difrakcijos reiškiniu.

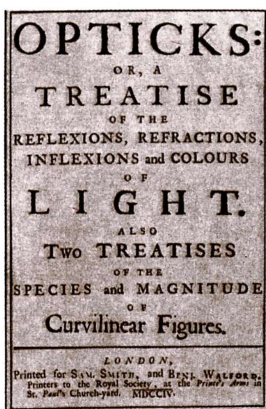
Nagrinėsite šių prietaisų sandarą ir veikimą:

- rentgeno vamzdžio;
- spektroskopo;
- difrakcijos gardelės.

Tai įdomu !

- *Kad, eidama per prizmę, šviesa suskyla į spalvotą juostą, buvo žinoma jau žiloje senovėje. A r i s t o t e l i s teigė, kad pagrindinė yra saulės (balta) šviesa, o visos kitos gaunamos pridėjus į ją tamsos (juodos spalvos). Daug baltos šviesos ir truputis tamsos — raudona šviesa, truputis baltos šviesos ir daug tamsos — tamsiausia, violetinė, spalva ir t. t. Dėl to, Aristotelio nuomone, raudona šviesa, eidama per prizmę, įveikia mažesnę dalį stiklo, o violetinė — didesnę. Ši Aristotelio pažiūra vyravo daugiau kaip 1500 metų, net iki XVII a.*
- *Izaokas Niutonas nusprendė bandymais patikrinti Aristotelio teiginius. Savo tyrimus jis atliko gimtinėje, pasislėpęs nuo 1665—1667 m. Anglijoje siaučiančio maro. Rezultatus jis paskelbė 1704 m. išleistoje knygoje „Optika" (5.1 pav.).*

5.1 pav.



OPTICKS:
OR, A
TREATISE
OF THE
REFLEXIONS, REFRACTIONS, INFLEXIONS and COLOURS
OF
LIGHT.
ALSO
Two TREATISES
OF THE
SPECIES and MAGNITUDE
OF
Curvilinear Figures.

LONDON,
Printed for SAM. SMITH, and BENJ. WALFORD, Printers to the Royal Society, at the Prince's Arms in St. Paul's Church-yard. MDCCIV.

5.1. Šviesos dispersija

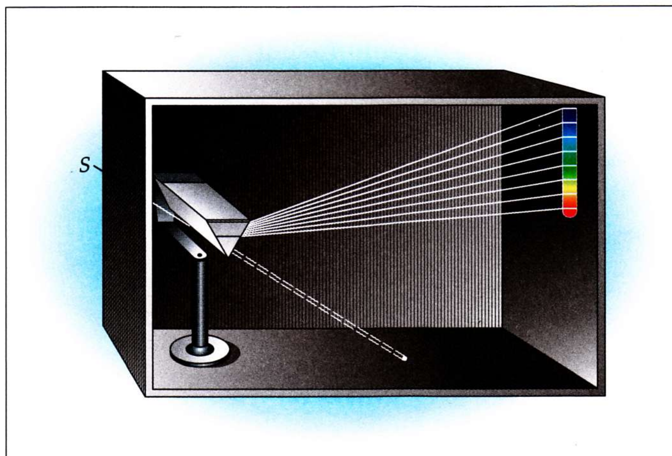
Baltos šviesos sudėtis

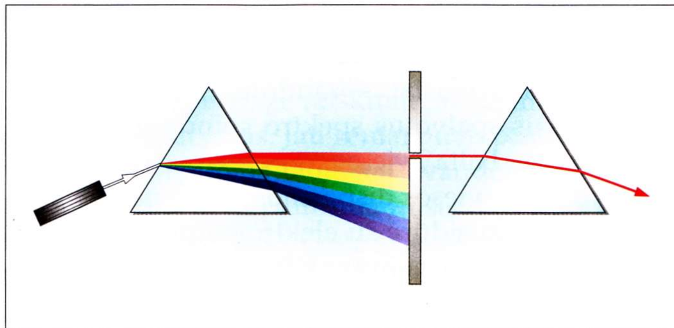
Gražiomis vaivorykštės juostomis žmonija gėrėjosi visais laikais. Taip pat seniai buvo žinoma, kad, perėjusi prizmę, balta šviesa sutviska nuostabiausiomis spalvomis. Manyta, jog spalvas sukuria prizmė. I z a o k a s N i u t o n a s (*Isaac Newton*) pirmasis išdrįso suabejoti baltos spalvos vientisumu. Jis spėjo, kad baltą šviesą sudaro įvairių spalvų spinduliai, kurie prizmėje lūžta nevienodai ir todėl iš jos išeina išsiskleisdami į spèktrą (lot. *spectrum* — vaizdinys, vaizdas). **Baltos šviesos skaidymasis į spektrą buvo pavadintas šviesõs skaidà**, arba **dispèrsija** (lot. *dispersio* — išsklaidymas, išbarstymas).

Su šiuo reiškiniu jau šiek tiek susipažinote VII klasėje. Tada išsiaiškinote, kad, perėjusi trikampę prizmę, balta šviesa suskyla į **raudoną, oranžinę, geltoną, žalią, žydrą, mėlyną** ir **violetinę**.

1666 m. Niutonas savo spėliones apie baltos šviesos sudėtį patvirtino bandymais, kuriuos atliko langinėmis užtemdytame kambaryje. Saulės spindulių pluoštą jis nukreipė pro mažą skylutę *S* langinėje į trikampę stiklinę prizmę (5.2 pav.) ir priešingoje kambario sienoje vietoj šviesios dėmelės gavo spal-

5.2 pav.





5.3 pav.

votą juostelę — spektrą. Paskui iš spalvoto pluošto Niutonas išskyrė vienspalvį pluoštelį ir nukreipė jį į antrą prizmę. Pabandykime pakartoti šį bandymą savomis priemonėmis.

1 bandymas. Prizme išskaidykime baltos šviesos pluoštą į spektrą ir ekranu su maža skylute iš jo išskirkime kurį nors vienspalvį pluoštelį, pavyzdžiui, raudoną (5.3 pav.). Tada jo kelyje pastatykime dar vieną trikampę prizmę. Matysime, kad šis pluoštelis, eidamas per prizmę, pakeičia kryptį, bet toliau nesuskyla į sudedamąsias dalis.

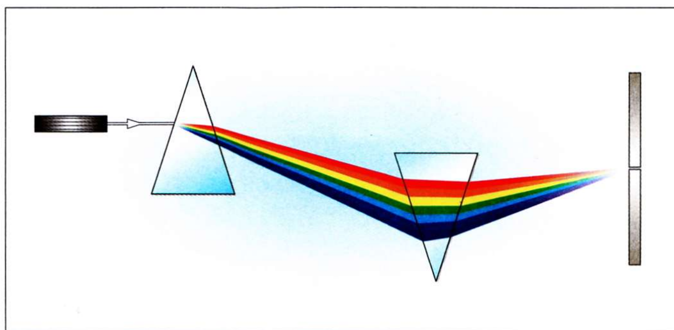
Šitaip ištyręs visus pluoštelius, Niutonas nustatė, kad mažiausiai lūžta raudoni, o labiausiai — violetiniai spinduliai.

2 bandymas. Prizme išskaidykime baltą šviesą ir nukreipkime ją į antrą prizmę, pastatytą atvirkščiai pirmajai (5.4 pav.). Vėl gausime baltą šviesą.

Apibendrinkime bandymų rezultatus:

• baltos šviesos spindulys susideda iš keleto spalvų šviesos spindulių;

5.4 pav.



Tai įdomu !

• *Niutono antkapyje parašyta: „... ištyrė šviesos spindulių įvairovę ir nuo jos priklausančias spalvų ypatybes, apie kurias iki to laiko niekas nė nepagalvojo".*

• *Kad lengviau prisimintumėte pagrindinių spektro spalvų pavadinimus ir eilę, galite pasinaudoti VII klasėje pateikta tokia mnemonikos (gr.* mnemonikon *— įsiminimo menas) taisykle: „**R**ado **O**nutė **g**irioj **ž**iburėlį — **ž**iūri **m**ažas **v**abalėlis". Šio sakinio žodžių pirmosios raidės reiškia spektro spalvų pavadinimų pirmąsias raides.*

• baltą šviesą sudarantys spinduliai, pereidami prizmę, lūžta nevienodai: labiausiai — violetiniai spinduliai, mažiausiai — raudoni;

• surinkus spalvotus spektro spindulius į vieną, vėl gaunama balta šviesa.

Atlikdamas šviesos dispersijos bandymus, Niutonas iš tikrųjų susidūrė su elektromagnetinių bangų dispersija, visiškai nenutuokdamas apie tokių bangų egzistavimą. Tik vėliau buvo sužinota, kad šviesa yra elektromagnetinės bangos. Įvairių spalvų šviesos spinduliai — tai įvairaus ilgio (dažnio) elektromagnetinės bangos, kurias gali pajusti mūsų akys. Toliau lentelėje nurodyta, kokio ilgio bangos atitinka kiekvieną šviesos spektro spalvą. Spektro spalvų ribos yra tik apytikslės.

Regimosios šviesos spalva ir ją atitinkantis bangos ilgio bei dažnio intervalas

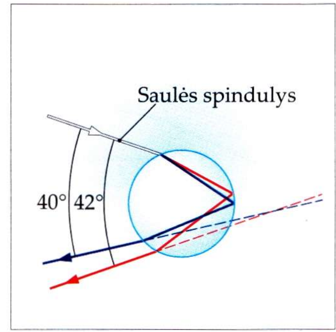
Spektro spalva	Bangos ilgis, nm	Dažnis, THz	Viename milimetre telpančių bangų skaičius
Raudona	760—620	395—483	1316—1610
Oranžinė	620—590	483—508	1610—1695
Geltona	590—560	508—536	1695—1786
Žalia	560—500	536—600	1786—2000
Žydra	500—480	600—625	2000—2083
Mėlyna	480—450	625—666	2083—2222
Violetinė	450—380	666—789	2222—2632

Aprašytuose bandymuose visi sudėtinės baltos šviesos spinduliai krito į prizmę tuo pačiu kampu, o išėjo iš jos skirtingu kampu. Tai rodo, kad prizmės lūžio rodiklis priklauso nuo šviesos bangos ilgio (dažnio). 3.4 skyrelyje sužinojome, kad absoliutusis lūžio rodiklis rodo, kiek kartų šviesos greitis vakuume yra didesnis už šviesos greitį atitinkamoje medžiagoje. Vadinasi, įvairios spalvos spindulių sklidimo greitis medžiagoje yra nevienodas. Pavyzdžiui, raudonieji spinduliai stiklu sklinda greičiau už violetinius.

Vaivorykštės susidarymas

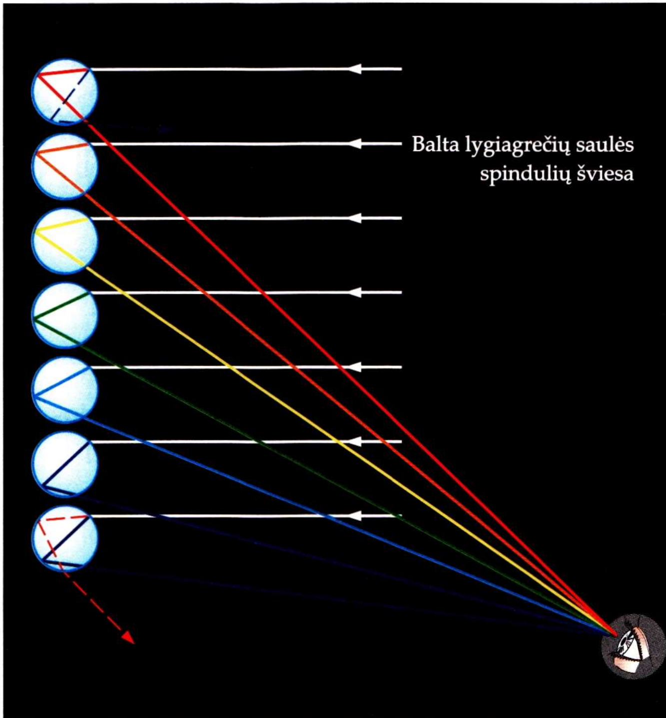
Šviesos dispersijos reiškiniu aiškinamas vaivorykštės susidarymas. Jau seniai buvo pastebėta, kad vaivorykštė matoma tada, kai į vandens lašelių pilną orą (lyjant lietui) žiūrima nusisukus nuo saulės.

Išsiaiškinkime, kas vyksta šviesos spinduliui krintant į vandens lašelį (skaidrią prizmę). Dalis spindulio atsispindi, o dalis pereina į lašelį, lūždama nevienodu kampu: labiausiai lūžta violetiniai spinduliai, mažiausiai — raudoni (5.5 pav.; paveiksle parodyta tik šių dviejų kraštinių spindulių tolesnė eiga). Pasiekę priešingą lašelio sienelę, jie nuo jos atsispindi (beje, dalis spindulių čia lūžta ir išeina iš lašelio), paskui dar kartą lūžta vandens ir oro sandūroje. Išėję iš lašelio, jie pasiekia mūsų akis kaip vaivorykštės spalvos. Nepamirškime, kad tokių lašelių yra nepaprastai daug, jie nuolat juda ir į mūsų akis patenka spinduliai (5.6 pav.), atsispindėję tik nuo tų lašelių, kurie su saulės spindulių kryptimi



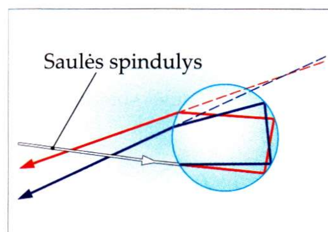
5.5 pav.

5.6 pav.

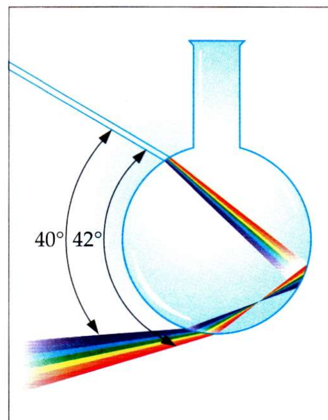


Tai įdomu !!

- *Žmogaus akis saulės šviesos spektre gali išskirti iki 160 įvairių atspalvių.*
- *Daltonizmas — įgimtas negebėjimas skirti kai kurių spalvų, pavadintas pagal anglų mokslininko Džono Daltono* (John Dalton, *1766—1844), turėjusio šią ydą, pavardę.*

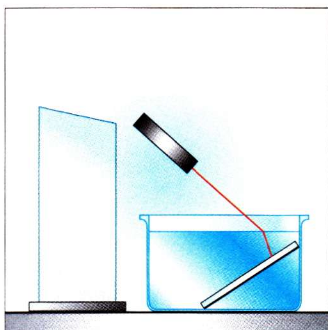


5.7 pav.



5.8 pav.

5.9 pav.



sudaro apie 41° kampą (raudonieji — 42°, violetiniai — 40°), mat šis kampas atitinka didžiausią išskaidytos šviesos intensyvumą. Viršutinė vaivorykštės juosta yra raudona, apatinė — violetinė.

Kai kurie saulės spinduliai vandens lašelyje atsispindi ne vieną, bet du kartus (5.7 pav.). Dėl tokio papildomo atspindžio iš lašelio išeinančių spindulių intensyvumas sumažėja, o vaivorykštės spalvos „apsiverčia" (plg. su 5.5 pav.), taigi virš įprastinės vaivorykštės regime antrąją, silpnesnę, kurios violetinė juosta yra viršuje, o raudona — apačioje.

Vaivorykštę galima gauti ir atliekant bandymą.

3 bandymas. Apvaliadugnę kolbą pripilkime vandens ir, laikydami ją įvairiame aukštyje, žiūrėkime į vandenį iš apačios. Matysime gražias vaivorykštės spalvas (5.8 pav.).

Panašiu bandymu prancūzų mokslininkas R e n ė D e k a r t a s įminė vaivorykštės mįslę.

Spalvos

Spalva — tai daiktų savybė, suvokiama kaip regėjimo pojūtis. Suvokimo procese žmogus daiktui priskiria vieną ar kitą spalvą.

Baltos spalvos sudėtimi galima paaiškinti daiktų spalvų įvairovę. Neskaidrūs kūnai yra tokios spalvos, kokius spalvos spindulius atspindi. Antai popieriaus lapas yra baltas, nes atspindi visus į jį krintančius spindulius, gėlės lapas žalias — jis atspindi tik žalius spindulius ir t. t. Skaidraus kūno spalvą lemia jį perėjusios šviesos sudėtis. Pavyzdžiui, šviesoforo stiklas atrodo raudonas, nes praleidžia tik raudonos spalvos spindulius, o kitus sugeria.

Objektyviai šviesos (elektromagnetinės) bangos spalvos neturi. Būdamos atitinkamo dažnio, jos sukelia mums tik vienokios ar kitokios spalvos įspūdį.

Užduotys



1. Pabandykite atlikti tokį bandymą. Į indą su vandeniu įstatykite veidrodį ir nukreipkite į jį šviesos spindulį (5.9 pav.). Paaiškinkite stebimą reiškinį.

2. Kokios šviesos pojūtį patiria žmogus, kai į jo akis patenka $5 \cdot 10^{14}$ Hz dažnio šviesa?

3. Kada kūną vadiname baltu; raudonu; mėlynu; juodu? Ar yra juoda šviesa?

4. Kokia šviesa reikia apšviesti kūnus, kad jų spalva atrodytų natūrali?

5. Kodėl draudžiamieji transporto priemonių signalai yra raudoni?

6. Kodėl, skalbiant gelstelėjusius drabužius, į vandenį dedama truputis melsvẽs?

7. Kodėl į vandens ir kreidos mišinį sienoms baltinti dedama melsvės?

8. Kurioje dangaus pusėje ankstų rytą gali atsirasti vaivorykštė?

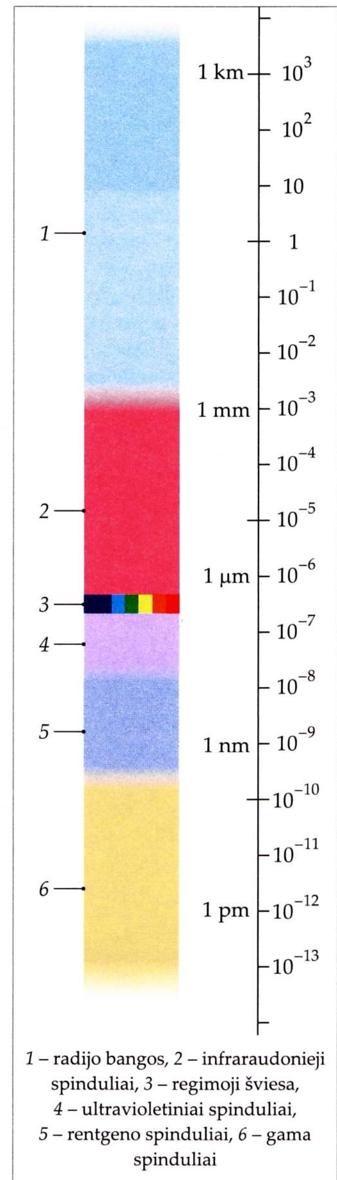
9. Kokiais dirbtiniais būdais galima gauti vaivorykštę?

5.2. Elektromagnetinių bangų skalė

Sužinojome, kad šviesa yra elektromagnetinės bangos, kurių ilgis 380—760 nm (dažnis 395—789 THz). Jos užima labai siaurą gamtoje egzistuojančių ar technikos prietaisais sukuriamų elektromagnetinių bangų sritį. Prisiminkime, kad prie elektromagnetinių bangų priskyrėme dar ir radijo bangas (jų ilgis 100 mm—10 km). Visas elektromagnetines bangas surašę į vieną eilę pagal jų ilgį (nuo ilgiausių iki trumpiausių) arba dažnį (nuo mažiausio iki didžiausio), gautume **elektromagnètinių bangũ skãlę** (5.10 pav.).

Be mums jau žinomų šviesos (regimosios šviesos) ir radijo bangų, šioje skalėje dar yra infraraudonieji, ultravioletiniai, rentgeno ir gama spinduliai (kitaip — spinduliuõtė). Tokia klasifikacija sąlygiška. Tiksliõs ribõs tarp įvairių elektromagnetinių bangų sričių nėra, nes gretimų sričių bangos turi panašių savybių.

5.10 pav.



1 – radijo bangos, *2* – infraraudonieji spinduliai, *3* – regimoji šviesa, *4* – ultravioletiniai spinduliai, *5* – rentgeno spinduliai, *6* – gama spinduliai

Tai įdomu !

- *Infraraudonuosius spindulius 1800 m. atrado* *V i l j a m a s H e r š e l i s* (William Herschel, *1738—1822). XIX a. buvo įrodyta infraraudonųjų spindulių elektromagnetinė prigimtis.*

Infraraudonieji spinduliai

Jautriais termometrais tiriant trikampe stikline prizme gautą spektrą, nustatyta, kad visi spinduliai turi šiluminį poveikį. Jį galima aptikti ir už raudonosios spektro srities, kurios bangos žmogaus akiai nesukelia jokio šviesos įspūdžio. Vadinasi, ir už raudonojo spektro krašto yra spindulių. Jie buvo pavadinti **infraraudonaĩsiais spinduliaĩs** (lot. *infra* — žemiau, po).

Infraraudonoji spektro dalis elektromagnetinių bangų skalėje užima apie 10 kartų platesnę juostą negu regimoji. Infraraudonosios spinduliuotės bangos ilgis yra apytiksliai nuo 750 nm iki 1,5 mm.

Būdingiausia infraraudonųjų spindulių savybė — šiluminis jų poveikis. Dėl to šie spinduliai kartais dar vadinami šiluminiais. Jie labai plačiai naudojami žemės ūkyje, pramonėje ir medicinoje. Infraraudonųjų spindulių šiluminiu poveikiu pagrįstas šiltnamių veikimas (5.11 pav.). Šviesa per stiklą (plėvelę) patenka į šiltnamį ir šildo žemę. Ši įkaitusi pradeda skleisti infraraudonuosius spindulius, kurie per šiltnamio stiklą nebepereina, o grįžę atgal papildomai šildo dirvą (šiltnamio reiškinys). Infraraudonaisiais spinduliais džiovinami vaisiai, mediena, dažyti gaminiai, pastatų sienos.

5.11 pav.



Infraraudonieji spinduliai yra biologiškai aktyvūs ir labai reikšmingi biologiniams procesams žmogaus organizme.

Infraraudonieji spinduliai gali daryti ir cheminį poveikį. Naudojant šiems spinduliams jautrius fotografinius filmus, galima fotografuoti net ir naktį. Yra sukurta prietaisų (naktiniai žiūronai, optiniai taikikliai), kurie infraraudonuosius spindulius paverčia regimaisiais (5.12 pav., *a*). 5.12 paveiksle, *b* — vaizdas, matomas pro naktinius žiūronus. Rūkas ir debesys skaidrūs infraraudoniesiems spinduliams, todėl jie naudojami signalizacijai blogo oro sąlygomis.



a



5.12 pav.

Ultravioletiniai spinduliai

Nematomų spindulių yra ir už violetinės spektro srities. Jie vadinami **ultraviolètiniais spinduliaĩs** (lot. *ultra* — virš, už). Šių spindulių bangos ilgis siekia 3—380 nm.

Daugelis medžiagų, kaip antai: stiklas, vandens garai — nepraleidžia ultravioletinių spindulių arba praleidžia juos blogai. Ypač gerai ultravioletinius spindulius sugeria Žemės atmosferoje esantis ozonas. Aukštai kalnuose jų poveikis būna didesnis. Apskritai kuo mažesnis ultravioletinių spindulių bangos ilgis, tuo labiau juos sugeria įvairios medžiagos.

Ultravioletiniams spinduliams būdingas didelis biologinis ir cheminis aktyvumas. Mažas jų kiekis veikia teigiamai: skatina augimą, stiprina organizmą, naikina ligas sukeliančias bakterijas, todėl šie spinduliai taikomi kai kurioms ligoms gydyti. Tačiau jie ardo akies tinklainę (saulėtomis dienomis patariama nešioti stiklinius, bet ne plastikinius apsauginius akinius), didelis jų kiekis skatina odos vėžio atsiradimą, gali sukelti saulės smūgį (plonėjant ozono sluoksniui, didėja tų spindulių poveikis Žemei).

Dėl cheminio poveikio ultravioletiniai spinduliai taikomi seniems paveikslams restauruoti, jie taip pat praverčia ieškant slaptų užrašų.



VILHELMAS KONRADAS RENTGENAS (*Wilhelm Konrad Röntgen,* 1845—1923) — įžymus vokiečių fizikas eksperimentuotojas, keleto Vokietijos universitetų profesorius. 1895 m. atrado ir kruopščiai ištyrė labai trumpas elektromagnetines bangas — rentgeno spindulius, numatė jų taikymo medicinoje ir technikoje galimybes. Už šių spindulių atradimą ir tyrimus 1901 m. jam paskirta Nobelio premija. Rentgeno spindulių atradimas turėjo didelį poveikį tolesnei fizikos mokslo raidai.

Tai įdomu !

- *Viljamas Konradas Rentgenas — pirmasis pasaulio fizikas, gavęs Nobelio premiją.*
- *Rentgeno spinduliai iš pradžių buvo vadinami X spinduliais. Tik vėliau jie buvo pavadinti atradėjo vardu. Tačiau anglai ir iki šiol juos vadina X spinduliais, negalėdami susitaikyti su tuo, kad jų mokslininkas Viljamas Kruksas* (William Crookes) *šį atradimą paprasčiausiai pražiopsojo. Pastebėjęs, jog katodinio vamzdelio aplinkoje genda fotografinės plokštelės, jis nusiuntė fotoplokštelių firmai protesto raštą dėl nekokybiškų, jo nuomone, plokštelių.*

Rentgeno spinduliai

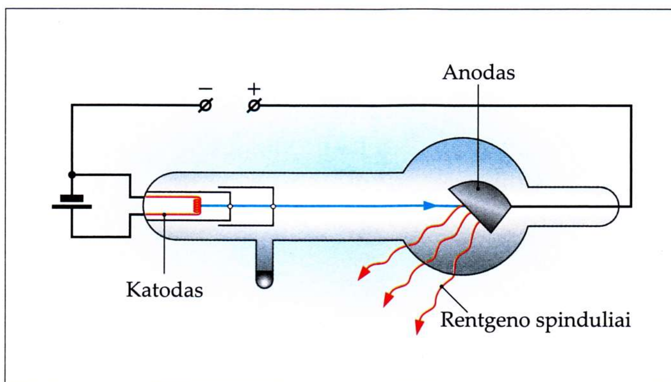
Apie **reñtgeno spiñdulius** esame girdėję visi. Ne vienas buvome šiais spinduliais peršviestas. Kas yra rentgeno spinduliai?

1895 m. Viùrcburgo (Vokietijà) universiteto rektorius prof. Vilhelmas Konradas Rentgenas aptiko įdomiomis savybėmis pasižyminčius spindulius, kurių bangos ilgis, kaip paaiškėjo vėliau, yra $10—10^{-3}$ nm. Jie veikia fotografinę plokštelę, jonizuoja orą, yra be galo skvarbūs. Jų bangos ilgis yra mažesnis negu ultravioletinių spindulių.

Šis atradimas pasirodė labai reikšmingas, ir rentgeno spinduliai buvo pradėti plačiai taikyti praktikoje. Jiems gauti sukurta įvairių konstrukcijų rentgeno vamzdžių, kuriuose turi būti stabdomi labai greitai lekiantys elektronai. Tada jie savo energiją spinduliuoja elektromagnetinėmis bangomis. Kuo didesniu greičiu elektronai atsimuša į kliūtį, tuo mažesnis išspinduliuojamos elektromagnetinės bangos ilgis (didesnis dažnis).

Rentgeno vamzdžio sandara schemiškai parodyta 5.13 paveiksle. Stikliniame balione, iš kurio išsiurbtas oras (jo slėgis $10^{-5}—10^{-7}$ mm Hg), įtaisyti du elektrodai: anodas ir katodas. Masyvaus anodo galo plokštuma pakrypusi 45° kampu, kad rentgeno spindulius būtų galima nukreipti į šoną. Įtampa tarp anodo ir katodo siekia kelias dešimtis kilovoltų. Įkaitęs katodas spinduliuoja elektronus ir šie, stipraus elektrinio lauko tarp anodo ir katodo pa-

5.13 pav.



greitinti, atsimuša į anodą. Dėl to jo medžiaga skleidžia rentgeno spindulius, kurie per vamzdžio šoną išlekia į išorę.

Medicinoje jie naudojami įvairioms ligoms diagnozuoti, kai kurioms jų (pavyzdžiui, vėžiui) gydyti, yra nepamainomi tiriant kaulų lūžius, įskilimus, nustatant kulkų ar skeveldrų vietą žmogaus organizme (5.14 pav.).

Technikoje jie padeda aptikti metalinių detalių defektus: tuštumas, įtrūkimus, priemaišas ir pan. Šis defèktų nustatymo metodas vadinamas rentgeno defektoskòpija (lot. *defectus* — trūkumas, yda + gr. *skopeo* — žiūriu, stebiu). Mokslininkai rentgeno spindulius naudoja neorganinių medžiagų ir organinių junginių sandarai tirti.

Trumpesnės už rentgeno spindulius elektromagnetinės bangos vadinamos **gamà spinduliaĩs**. Apie juos kalbėsime vėliau.



5.14 pav.

Užduotys

1. Kai kurie žmonės regi šviesą, kurios virpesių dažnis $3{,}75 \cdot 10^{14}$ Hz. Koks yra tokių bangų ilgis?

2. Yra žmonių, kurie suvokia 370 nm ilgio bangas. Apskaičiuokite tų bangų dažnį.

3. Žinodami, kad stiklas gerai praleidžia regimąją šviesą ir sulaiko infraraudonuosius spindulius, paaiškinkite šiltnamio veikimo principą.

4. Saulėtą vasaros dieną karščiausia būna ne vidudienį, o šiek tiek vėliau. Kodėl?

5. Ar skleidžia elektromagnetines bangas vadovėlis, kurį jūs skaitote?

6. Ar skleidžia elektromagnetines bangas malkos, kai jos nedega ir kai dega?

7. Pagal kokią infraraudonųjų spindulių savybę juos lengviausia aptikti?

8. Kokia ultravioletinių spindulių savybė leidžia juos lengviausiai aptikti?

9. Kur didesnis ultravioletinių spindulių intensyvumas: atvirame kosmose ar prie Žemės paviršiaus?

Tai įdomu

- *1895 m. atrastų rentgeno spindulių prigimtį tik 1912 m. išaiškino vokiečių fizikas M a k s a s L a u j ė* (Maks Laue, *1879—1960). Jis nustatė, kad rentgeno spinduliai yra ne kas kita, kaip labai trumpos elektromagnetinės bangos.*

10. Ar ultravioletiniai spinduliai gerai eina per stiklą? Kokį vaidmenį (teigiamą ar neigiamą) atlieka ši stiklo savybė, statant namus, šiltnamius?

11. Ar galima įdegti kambaryje, kai langai uždari ir be užuolaidų?

12. Kodėl iš rentgeno vamzdžių išsiurbiamas oras, o tarp jų elektrodų sudaroma aukšta įtampa?

13. Televizoriaus kineskope pasiekę ekraną elektronai staigiai stabdomi. Ar dėl to atsiranda rentgeno spindulių?

5.3. Spektrai

Spektrų rūšys

Minėjome, kad spalvotą juostą, kuri susidarė baltai šviesai perėjus prizmę, Niutonas pavadino spektrù. (Šis terminas vartojamas ir nurodant kokio nors fizikinio dydžio verčių visumą.)

Spektrai skirstomi į **spinduliãvimo**, arba **emìsijos, spektrùs** (lot. *emissio* — išspinduliavimas, išleidimas) ir **sugertiẽs**, arba **absòrbcijos, spektrùs** (lot. *absorptio* — sugėrimas).

Įkaitę kūnai skleidžia spindulius, kurių spektrai būna ištisiniai, linijiniai arba juostiniai.

Ištisìnis yra kietųjų kūnų, skysčių ir pakankamai tankių dujų spektras. Jis taip pat susidaro leidžiant saulės šviesą per trikampę prizmę. Šiam spektrui būdingas tolygus perėjimas nuo vieno dažnio bangų prie kitų (5.15 pav.). Pagal ištisinį spektrą neįmanoma nustatyti šviečiančio kūno medžiagos sudėties.

5.15 pav.



Linijìnį spèktrą sudaro atskiros siauros spalvotos linijos, kurias vienas nuo kitų skiria plačios tamsios juostos (5.16 pav.). Tai įkaitintų nedidelio slėgio atominių dujų skleidžiamų spindulių spektras. Kiekvienam cheminiam elementui būdingas vis kitoks linijinis spektras, todėl pagal jį galima atpažinti įvairiose medžiagose esančius elementus.

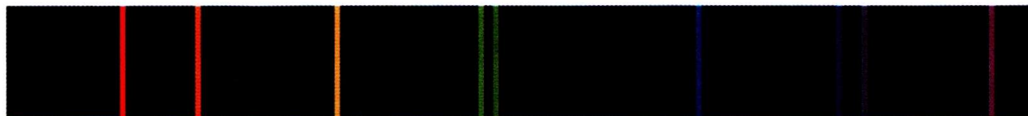
Molekulinių dujų skleidžiamų spindulių spektras yra **júostinis**. Dažniausiai jis gaunamas liepsnoje švytint garams ar išlydžio metu švytint dujoms. Juostinį spektrą sudaro atskiros spalvotos juostos, perskirtos tamsių tarpų (5.17 pav.). Gerais prietaisais galima nustatyti, kad kiekviena juosta susideda iš daugybės linijų, išsidėsčiusių arti viena kitos.

Medžiagos gali ne tik skleisti, bet ir sugerti spindulius. Vokiečių fizikas Gustavas Kirchhofas (*Gustav Kirchhoff*) nustatė, kad **dujos sugeria tuos spindulius, kuriuos jos pačios skleidžia įkaitintos.** Karštos medžiagos skleidžiamus spindulius (sudarančius ištisinį spektrą) leidžiant per mažai įkaitintas dujas, ištisinio spektro fone atsiranda tai medžiagai būdingų tamsių linijų (5.18 pav., *a*). Tai sugerties linijos, sudarančios sugerties spektrą. Jų padėtis atitinka spalvotų linijų padėtį tos pačios medžiagos spinduliavimo spektre (5.18 pav., *b*).

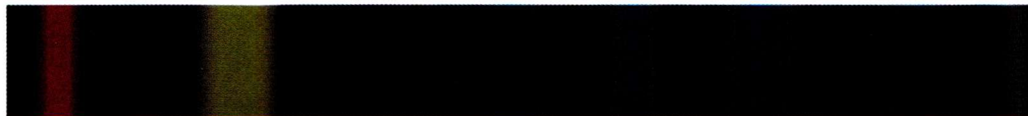
Tai įdomu !

- *Sugerties spektro tamsios linijos pavadintos Fráunhoferio lìnijomis, pagerbiant vokiečių fiziką Jozefą Fraunhoferį* (Joseph Fraunhofer, *1787—1826), 1814 m. ištyrusį ir aprašiusį 567 intensyviausias Saulės spektro linijas.*
- *Fraunhoferio linijas Saulės spektre 1802 m. atrado Didžiosios Britanijos mokslininkas Viljamas Vulastonas* (William Wollaston).

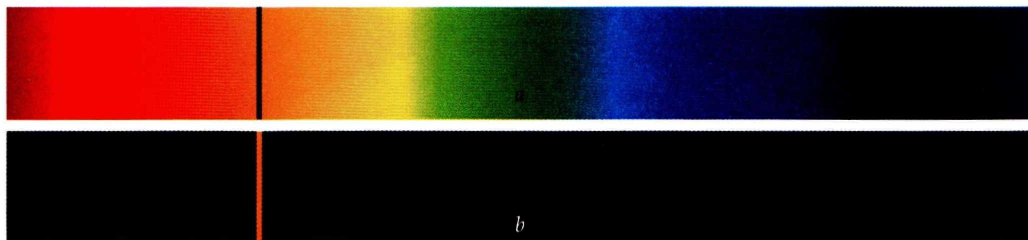
5.16 pav.



5.17 pav.



5.18 pav.



Tai įdomu !

• *Naujausiuose Saulės atlasuose yra daugiau kaip 26 000 Fraunhoferio linijų.*

• *Spektrine analize atrasti šie elementai: cezis (1860 m.), rubidis (1861 m.), talis (1862 m.), indis (1863 m.), galis (1875 m.), helis (1895 m.).*

• *Pagal spektro linijų spalvą buvo pavadinti: cezis (lot.* caesius *— melsvas), rubidis (lot.* rubidus *— raudonas), talis (gr.* thallos *— žalia šakelė), indis (pagal indigo, t. y. tamsiai mėlynų dažų, spalvą).*

• *Cezio spektrines linijas 1860 m. pastebėjo vokiečių mokslininkai Gustavas Kirchhofas ir Robertas Bunzenas (*Robert Bunsen*), tirdami diurkheimo mineralinio vandens spektrą. Koks menkas cezio kiekis buvo šiame vandenyje, galima spręsti iš to, kad, išgarinus 44 200 kg diurkheimo mineralinio vandens, buvo gauta tik 7 g kompleksinės cezio druskos.*

Pagal sugerties spektrą galima nustatyti medžiagos sudėtį.

Pavyzdys. 1814 m. Saulės spektre pastebėtos tamsios linijos, kurios vėliau buvo pavadintos Fraunhoferio linijomis.

Saulė — įkaitęs dujų kamuolys. Jo paviršiaus temperatūra siekia apie 6000 °C. Labai suspaustos įkaitusios dujos spinduliuoja bangas, kurių spektras yra ištisinis. Tačiau tos bangos dar turi pereiti pakankamai vėsią (apie 4500 °C) išorinę fotosferos ribą. Ištyrus jų spektre susidariusias sugerties linijas, matyti, kad Saulėje yra visų elementų, kurių randama Žemėje. Beje, helis (gr. *helios* — saulė) pirmiausia buvo aptiktas Saulėje (1869 m.), o tik po 26 metų — ir Žemėje.

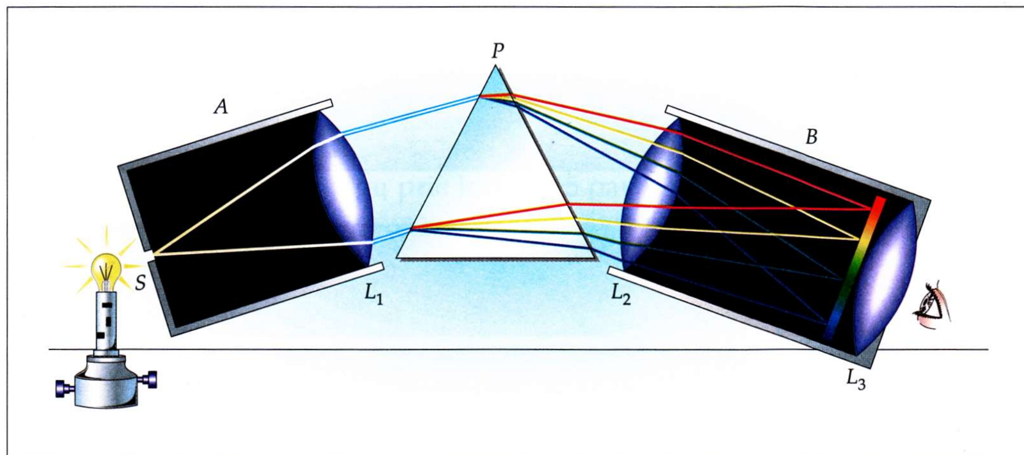
Spektrinė analizė

Medžiagų cheminės sudėties tyrimas pagal jų spektrą vadinamas **spèktrine anãlize**. Šis būdas įgalina aptikti įvairias chemines medžiagas net tada, kai jų yra nepaprastai mažai — vos milijonosios miligramo dalys.

Ryškiems spektrams gauti ir tirti sukurti specialūs prietaisai: **spektroskòpai** (lot. *spectrum* — vaizdinys, vaizdas + gr. *skopeo* — žiūriu, stebiu) ir **spektrogrãfai** (lot. *spectrum* + gr. *grapho* — rašau).

Spektroskopas sudarytas iš dviejų vamzdžių su glaudžiamaisiais lęšiais ir tarp jų įtaisytos trikampės prizmės (5.19 pav.). Vamzdis *A* vadinamas kolimãto-

5.19 pav.



riumi (lot. *collimatio* — nukreipiu tiesiai, taikau), o vamzdis *B* — žiūronù. Viename kolimatoriaus gale yra lęšis L_1, kitame — siauras plyšys *S*, esąs lęšio L_1 židinio plokštumoje.

Šviesa, perėjusi pro plyšį *S* ir lęšį L_1, toliau lygiagrečiu pluoštu krinta į prizmę ir čia suskyla į spalvotus lygiagrečių spindulių pluoštelius. Šie patenka į vamzdžio *B* lęšį L_2, kuris juos surenka savo židinio plokštumos taškuose, sudarydamas spalvotus plyšio atvaizdus. Toje plokštumoje įtaisytame matiniame stikle gaunamas spektras. Jis stebimas pro žiūrono okuliarą — lęšį L_3. Pakeitus matinį stiklą fotografine plokštele, spektrą galima nufotografuoti. Prietaisas spektrams fotografuoti vadinamas spektrografu.

Tai įdomu !

• *Fizikas* *Robertas Vudas* (Robert Wood) *įtarė, kad valgykloje į maistą įmaišoma vakarykščių pietų likučių. Kartą, valgydamas kotletą, nedidelį jo gabaliuką Vudas apibarstė ličio chloridu ir paliko lėkštėje. Kitą dieną jau naujo kotleto gabaliuke spektrine analize aptiko violetinę ličio liniją. Įtarimas pasitvirtino.*

Užduotys ??

1. Kokios medžiagos ir kokiomis sąlygomis skleidžia ištisinį spektrą?

2. Ar galima nustatyti medžiagos cheminę sudėtį pagal jos ištisinį spektrą?

3. Kokius spektrus reikia gauti, norint ištirti medžiagų cheminę sudėtį?

4. Kodėl, stebėdami kibirkšties tarp nežinomų lydinių elektrodų spektrą, galime nustatyti jų sudėtį?

5. Kokį spektrą matysime stebėdami:

a) žvakės liepsną;

b) laužą;

c) elektros kibirkštį;

d) elektrinės viryklės spiralę?

6. Kodėl, Saulės užtemimo metu spektroskopu stebint Saulės vainiką, pranyksta tamsios linijos ir pasirodo keletas spalvotų?

7. Kokie prietaisai naudojami ryškiems medžiagų spektrams gauti ir tirti?

8. Kuo skiriasi spektrografas nuo spektroskopo? Ką jie turi bendra?

5.4. Šviesos interferencija

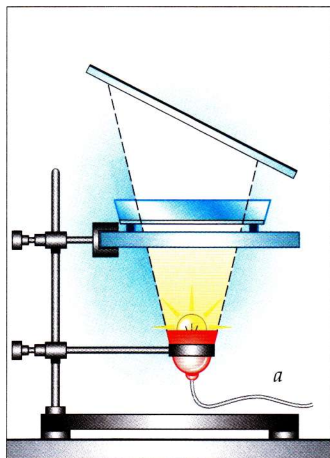
Mechaninių bangų interferencija

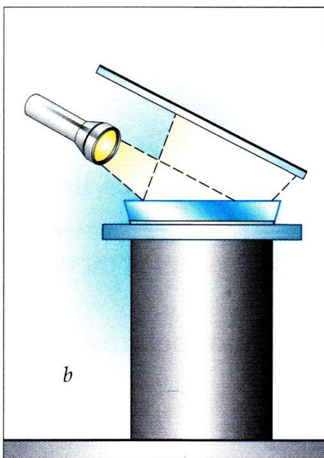
Dažnai aplinkoje vienu metu sklinda ne viena, bet kelios bangos. Kas įvyksta, kai jos pasiekia tuos pačius taškus? Stebėjimai rodo, kad sklindančios bangos viena kitai netrukdo. Jos užplaukia viena ant kitos visiškai nesąveikaudamos. Pasiekusios tuos pačius taškus, bangos susideda.

Bandymas. Į bangų vonelę, kurios dugnas peršviečiamas (5.20 pav., *a*) arba veidrodinis (5.20 pav., *b*), įpilkime vandens, kad susidarytų apie 4—5 mm aukščio sluoksnis. Bangų atspindžiui slopinti į vonelę prie jos šoninių sienelių įstatykime audekliniais apvalkalais apmautas plokšteles. Po vonele (5.20 pav., *a*) arba šalia jos (5.20 pav., *b*) įtaisykime šviestuvą, o virš vonelės — ekraną.

Dviragiù bangũ sukėlikliù (vibrãtoriumi) sužadinkime vandens paviršiuje dvi bangas. Ekrane matysime 5.21 paveiksle parodytą nekintantį vaizdą. Vandens paviršiuje susidarys tam tikri ruožai: vienuose bangavimas labai sustiprės, kituose jo visai nebus. Stebimas reiškinys vadinamas **bangũ interfereñcija** (lot. *inter* — tarp + *ferens* — nešantis).

5.20 pav.





5.21 pav.

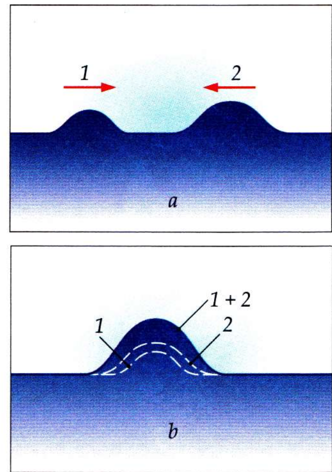


Tačiau tokį vaizdą matysime ne visada. Jis susidarys tik ypatingomis sąlygomis — kai susidedančios bangos bus vienodo dažnio ir sklis sinchroniškai (sutaps laiko atžvilgiu). Tokios bangos vadinamos **koherentinėmis** (lot. *cohaerens* (kilm. *cohaerentis*) — susijęs), o jas sukeliantys šaltiniai — koherentiniais. Taigi **dviejų ar kelių koherentinių bangų sudėtis vadinama bangų interferencija.**

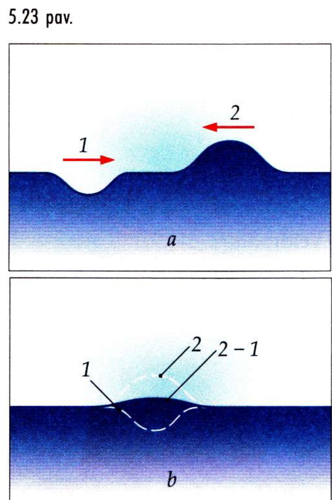
Interferencijos reiškinį pakankamai akivaizdžiai galima paaiškinti tokiu modeliu.

Vandens paviršiuje pasirinkime tašką, kurį dviejų šaltinių sukeltos bangos (*1* ir *2*; 5.22 pav., *a*) pasiekia vienu metu. Jei čia susitinka abiejų bangų iškylos, jos palaiko (stiprina) viena kitą ir tas vandens paviršiaus taškas ima svyruoti didesne amplitude (5.22 pav., *b*). Sakoma, kad toje vietoje susidaro **interferencijos maksimumas** (lot. *maximum* — didžiausias). Tačiau jei pasirinktame taške susitinka vienos bangos įduba ir kitos iškyla (5.23 pav., *a*), bangos viena kitą slopina ir tas vandens paviršiaus taškas ima svyruoti mažesne amplitude arba visiškai nustoja svyravęs (5.23 pav., *b*). Čia susidaro **interferencijos minimumas** (lot. *minimum* — mažiausias). Vadinasi, vykstant interferencijai, vienų terpės taškų svyravimas sustiprėja, o kitų susilpnėja arba visiškai išnyksta.

Kur dingsta dviejų bangų energija interferencijos minimumų vietose? Ištyrus paaiškėja, kad jose atstojamosios bangos energija yra mažesnė už susidedančių bangų energijų sumą. Užtat maksimumuose ji persveria susidedančių bangų energijų sumą tiek pat, kiek sumažėja energija minimumuose. Taigi energija persiskirsto — ji susitelkia maksimumuose, o į minimumus visiškai nepatenka.



5.22 pav.



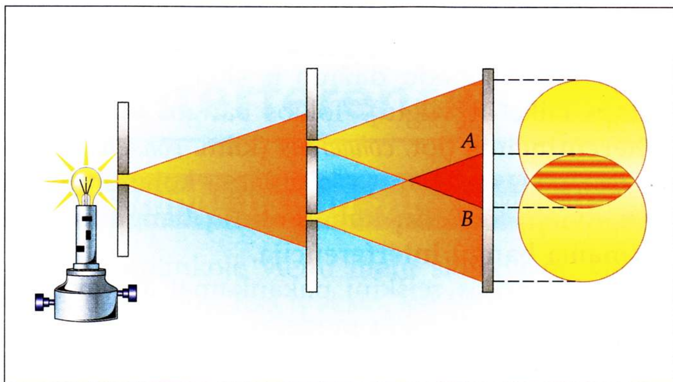
5.23 pav.

Šviesos interferencijos samprata

Jeigu šviesa yra bangos (elektromagnetinės), tai ir joms turi būti būdinga interferencija: du šviesos pluoštai, susidėdami tam tikromis sąlygomis, gali sustiprinti ar susilpninti vienas kitą, kitaip tariant, sudėję šviesą su šviesa, galime gauti dar ryškesnę šviesą arba tamsą. Tam tikros sąlygos reiškia, kad



TOMAS JANGAS (*Thomas Young*, 1773—1829) — anglų mokslininkas, turėjęs įvairiapusių gabumų. Skaityti išmoko būdamas dvejų metų, šešiametis studijavo literatūrą, 9—14 metų mokėsi graikų ir romėnų klasikų, prancūzų, italų, senovės žydų, persų ir arabų kalbų, išmoko diferencialinio skaičiavimo, parašė išsamią graikų filosofinių sistemų analizę. Pasirinkęs mediko profesiją, 1795 m. įsigijo medicinos mokslų daktaro diplomą. Jis buvo kartu ir astronomas, ir metalurgas, ir fizikas, ir muzikantas, ir net gabus gimnastas. Svarbiausias Jango nuopelnas — šviesos interferencijos reiškinio atradimas ir difrakcijos reiškinio paaiškinimas remiantis bangine teorija. Interferencijos terminą sugalvojo būtent Jangas. Pirmasis jis išmatavo ir šviesos bangos ilgį.



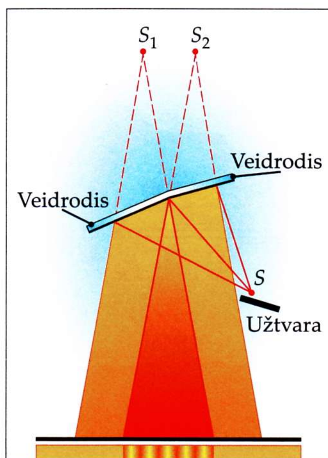
5.24 pav.

susidedančios šviesos bangos (kaip ir mechaninės) turi būti koherentinės.

1802 m. atlikti anglų mokslininko Tomo Jango bandymai patvirtino, kad ir šviesos bangoms būdingas interferencijos reiškinys. Koherentines šviesos bangas Jangas gavo naudodamas tą patį šviesos šaltinį, o jo skleidžiamą spindulių pluoštą suskaidydamas į du atskirus pluoštelius.

Į gerai užtemdytą kambarį šviesą jis įleido pro nedidelę skylutę lange. Tada siauro pluošto kelyje pastatė širmą su dviem netoli viena kitos adata pradurtomis skylutėmis. Perėjusi pro jas, šviesa krisdavo į ekraną, pakabintą ant sienos. Toje vietoje, kur bangos užklodavo viena kitą (paveiksle ši sritis pažymėta *AB*), Jangas pamatė tamsius ir šviesius ruožus (5.24 pav.).

5.25 pav.

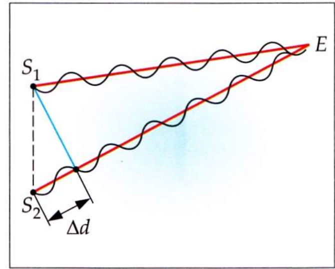


Vėliau prancūzų fizikas Ogiustenas Frenelis (*Augustin Fresnel*, 1788—1827) pakartojo šį bandymą, suskaidydamas taškinio šaltinio skleidžiamą šviesos pluoštą į du. Tai jis padarė biprizme ir veidrodžiais (5.25 pav.). Dabar šviesos šaltiniu naudojant lazerius, atliekami dar įtikinamesni interferencijos bandymai. Įrodyta, kad šviesūs ruožai, vadinamieji **interfereñcijos mãksimumai**, susidaro tose erdvės vietose, kur bangų eigos (kitaip tariant, nueito kelio) skirtumas Δd (5.26 pav.) lygus sveikam bangų skaičiui, arba lyginiam pusbangių skaičiui:

$$\Delta d = 2k\frac{\lambda}{2} = k\lambda; \text{ čia } k = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

Tamsūs ruožai, arba **interfereñcijos mìnimumai**, atsiranda ten, kur bangų eigos skirtumas Δd lygus nelyginiam pusbangių skaičiui:

$$\Delta d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}; \text{ čia } k = 0, 1, 2, 3, ...$$



5.26 pav.

Bandymas. Vielos žiedą iš pradžių įmerkime į muilo tirpalą, paskui išimkime ir laikykime vertikaliai. Muilo plėvelė žėri visomis vaivorykštės spalvomis (5.27 pav.). Žiūrėdami į ją per vienspalvę skaidrią plėvelę (filtrą), matytume tamsias ir šviesias juostas. Kodėl jos atsiranda?

Apšvietus muilo plėvelę, į mūsų akis patenka šviesa, kurios dalis atsispindi nuo vieno plėvelės paviršiaus, dalis — nuo kito (5.28 pav.). (Svarbu ir tai, kad iš skirtingų plėvelės vietų į akį spinduliai patenka skirtingais kampais.) Dėl to bangos susitinka turėdamos tam tikrą eigos skirtumą, kuris priklauso nuo plėvelės storio (plėvelė paprastai nebūna vienodo storio, dažnai ji yra pleišto formos, t. y. viename gale storesnė, kitame — plonesnė). Ten, kur eigos skirtumas lygus lyginiam pusbangių skaičiui, viena banga stiprina kitą (maksimumas), o kur nelyginiam pusbangių skaičiui — slopina (minimumas).



5.27 pav.

Užduotys

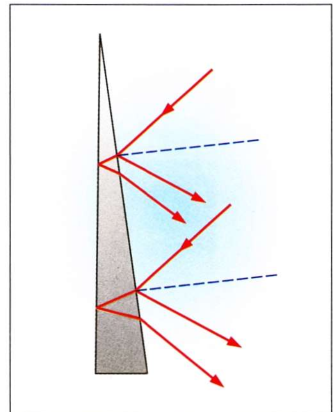
1. Išpūskite muilo burbulą ir stebėkite, kaip jo paviršiuje mainosi spalvos.

2. Tarp dviejų gerai nušlifuotų stiklinių plokštelių pateko šapelis ir dėl to atsirado oro pleištas. Kodėl, atsispindėjus nuo jo šviesai, matomas interferencinis vaizdas?

3. Du 600 nm bangos ilgio šviesos spinduliai susikerta. Kas (maksimumas ar minimumas) matyti jų susikirtimo taške, kuriame šių spindulių eigos skirtumas yra 0,3 mm?

4. Iš dviejų koherentinių šviesos šaltinių sklinda $6 \cdot 10^{-7}$ m ilgio šviesos bangos, kurių eigos skirtumas tam tikrame taške lygus $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ m. Ar tame taške susidarys apšvietos minimumas ar maksimumas?

5.28 pav.



5.5. Šviesos difrakcija

Mechaninių bangų difrakcija

Banguojančio ežero vanduo salos užuovėjoje yra visiškai ramus — bangos čia neateina (5.29 pav.), jos atsimuša nuo salos. Tačiau jei tų bangų kelyje pasitaikiusi kliūtis yra nedidelė, pavyzdžiui, kyšantis iš vandens stulpas ar akmuo, bangos jį gali lengvai aplenkti, apgaubti (5.30 pav.). Už stulpo ar akmens bangos sklinda taip, lyg jo visai nebūtų.



5.29 pav.

5.30 pav.

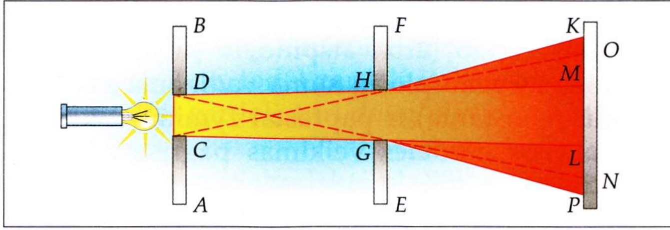


Bangų nukrypimas nuo tiesaus kelio, užlinkimas už kliūties vadinamas bangų̃ difrãkcija (lot. *diffractus* — sulaužytas). Ji vyksta, kai bangos sutinka bet kokios formos ir matmenų kliūtis, tačiau jeigu tų kliūčių matmenys apytiksliai lygūs sklindančios bangos ilgiui, pastebima labiau.

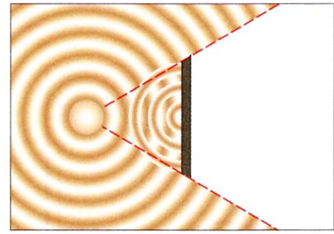
Šviesos difrakcijos samprata

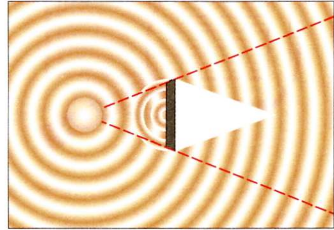
Tiesiaeigio šviesos sklidimo dėsnis teigia, kad skaidrioje vienalytėje terpėje šviesa sklinda tiesiai. Tačiau ar šis dėsnis galioja visada?

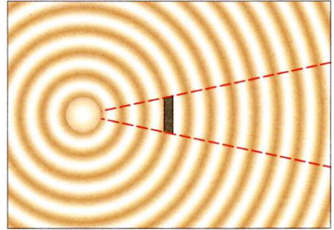
Dar XVII a. viduryje italas Frančeskas Grimaldis (*Francesco Grimaldi*, 1618—1663) pastebėjo įdomų reiškinį. Pastatęs nedidelį daiktą siauro švie-



5.31 pav.







5.32 pav.

sos pluošto kelyje, jis ekrane išvydo šešėlį, truputį mažesnį už tą, kuris turėtų susidaryti spinduliams sklindant pro daikto kraštus tiesiomis linijomis. Atlikdamas kitą bandymą, Grimaldis aptiko, kad pro skylutę perėjęs šviesos pluoštas ekrane suformuoja didesnę šviesią dėmelę, negu turėtų būti pagal tiesiaeigio šviesos sklidimo dėsnį (5.31 pav.).

Grimaldžio pastebėtas reiškinys vadinamas šviesõs difrãkcija — šviesos bangų, einančių pro kliūčių kraštą, užlinkimu (nukrypimu nuo tiesaus kelio). Šviesos difrakcija yra tuo ryškesnė, kuo mažesni kliūties matmenys (5.32 pav.). Ji ypač akivaizdi, kai tie matmenys artimi šviesos bangos ilgiui.

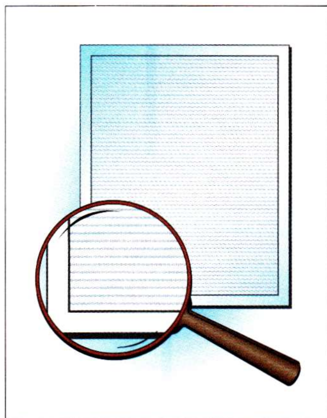
Bandymas. Priartinkime nykštį prie smiliaus, palikdami nedidelį tarpelį (5.33 pav.). Tarp pirštų atsiranda tamsus ruoželis. Tai ne kas kita, kaip interferencinis vaizdas, susidaręs dėl difrakcijos šviesai einant pro siaurą plyšelį tarp pirštų. Kai šviesos bangų eigos skirtumas lygus nelyginiam pusbangių skaičiui, pro vieną plyšelio dalį perėjęs šviesos pluoštelis susilpnina perėjusį pro kitą dalį. Taigi kartu vyksta ir interferencijos reiškinys. Toks interferencinio vaizdo susidarymas įmanomas dėl to, kad dalis šviesos pluošto, einančio pro siaurą plyšį, nukrypsta nuo tiesios sklidimo krypties.



5.33 pav.

Difrakcijos gardelė

Stiklinėje plokštelėje specialia įranga įrėžus lygiagrečius rėžius, susidaro siauri neskaidriais tarpais perskirti šviesą praleidžiantys plyšiai. Tokia plokštelė vadinama skaidriąja **difrãkcijos gardelè** (5.34 pav.). Jeigu daugybę tos pat formos lygiagrečių rėžių vienodu atstumu įrėžtume metalinio veidrodžio paviršiuje, gautume atspindžio difrakcijos gardelę. Difrakcijos gardelių viename milimetre paprastai



5.34 pav.

būna nuo kelių šimtų iki kelių tūkstančių rėžių. Skaidraus plyšio (arba atspindžio juostos) ir neskaidraus tarpelio pločių suma vadinama **gardẽlės periodù** (konstanta) ir paprastai žymima raide d.

Difrakcijos gardelės veikimas pagrįstas šviesos difrakcijos reiškiniu. Lygiagretūs šviesos spinduliai, pasiekę skaidriosios gardelės plyšius, sklinda ne tik pradine kryptimi, bet ir visomis kryptimis — jie užlinksta (5.35 paveiksle tai parodyta vieno plyšio taške A).

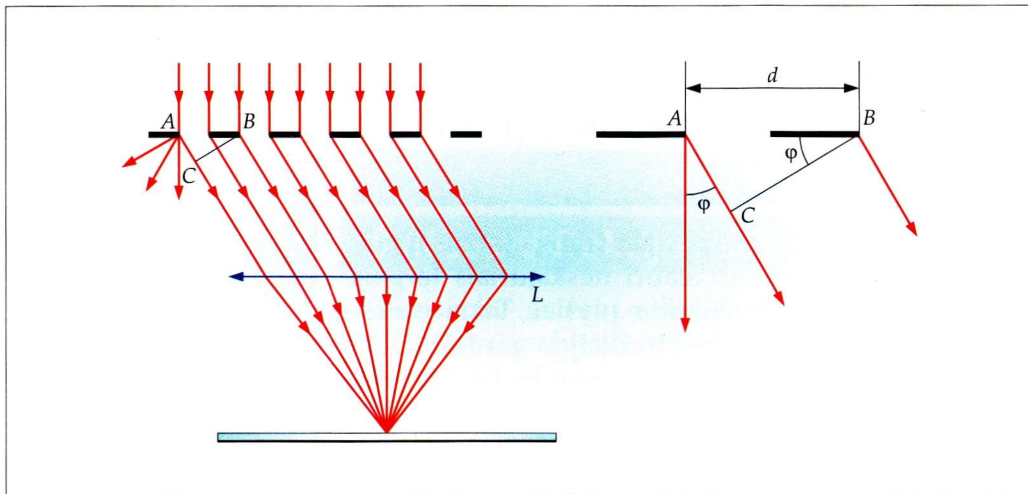
Pro atskirus plyšius perėję šviesos pluošteliai susideda (interferuoja) ir tam tikromis kryptimis vienas kitą stiprina arba silpnina. Iš gretimų gardelės plyšių kampu φ sklindančių spindulių eigos skirtumas

$$AC = d \sin \varphi.$$

Vadinasi, kai $d \sin \varphi = 2k\frac{\lambda}{2}$, spinduliai vienas kitą stiprina, o kai $d \sin \varphi = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ — silpnina; čia $k = 0, 1, 2, \ldots$

Jeigu už gardelės pastatytume glaudžiamąjį lęšį L, tai ekrane E, kuris yra lęšio židinio plokštumoje, šie lygiagretūs visų plyšių spinduliai susirinktų į vieną siaurą juostelę. Kadangi už plyšio spinduliai sklinda visomis kryptimis, ekrane matome ne vieną, o daug šviesių ir tamsių juostelių. Centre visada būna šviesi juostelė, vadinama centriniù mãksimu-

5.35 pav.



mu. Nuo jos į abi puses išsidėsto aukštesniųjų eilių ($k = 1, 2, 3, ...$) maksimumai. Jų padėtys priklauso nuo bangos ilgio, todėl gardelė išskaido baltą šviesą į spektrą. Kai gardelė turi daug plyšių, spektras yra labai ryškus.

Difrakcijos gardelės labai plačiai taikomos moksle ir praktikoje kaip spektriniai prietaisai. Jomis nustatoma spinduliuojančios medžiagos sudėtis, matuojamas bangos ilgis. Žinant gardelės konstantą d ir išmatavus kampą φ (žr. 5.35 pav.), iš lygybės $d \sin \varphi = 2k\frac{\lambda}{2}$ galima apskaičiuoti bangos ilgį:

$$\lambda = \frac{d}{k} \sin \varphi;$$

čia k — spektro eilė, skaičiuojama nuo centro.

Šviesos interferencijos ir difrakcijos reiškiniai įrodo, kad šviesa turi bangų savybių.

Užduotys ??

1. Pažiūrėkite į elektros lemputę per ploną audinį. Ką matote? Paaiškinkite stebimą reiškinį.

2. Primerkite akis ir pro blakstienas žiūrėkite į šviečiančią elektros lemputę. Paaiškinkite reiškinį.

3. Į gatvės žibintus žiūrint per aprasojusį stiklą, aplink žibintą matyti vaivorykštės spalvų apskritimai. Paaiškinkite reiškinį.

4. Norint nustatyti šviesos bangos ilgį, buvo atliktas bandymas su difrakcijos gardele, kurios periodas $3 \cdot 10^{-4}$ cm. Vienspalvė šviesa krito į gardelę statmenai, atstumas nuo centrinio iki pirmosios eilės maksimumo buvo 20 cm, o nuo gardelės iki ekrano — 1 m. Koks tiriamos bangos ilgis?

5. Koks turi būti difrakcijos gardelės periodas, kad šia gardele galėtume tirti infraraudonuosius spindulius, kurių bangos ilgis $2 \cdot 10^{-2}$ cm? Spinduliai krinta į gardelę statmenai.

6. Difrakcijos gardelės periodas $2 \cdot 10^{-5}$ m. Kokiu kampu $5{,}5 \cdot 10^{-7}$ m ilgio šviesos spinduliai yra nukrypę pirmosios eilės spektre?

7. Difrakcijos gardelė viename milimetre turi 50 rėžių. Kokiu kampu matyti pirmosios eilės maksimumas, kai į gardelę statmenai krinta 400 nm ilgio banga?

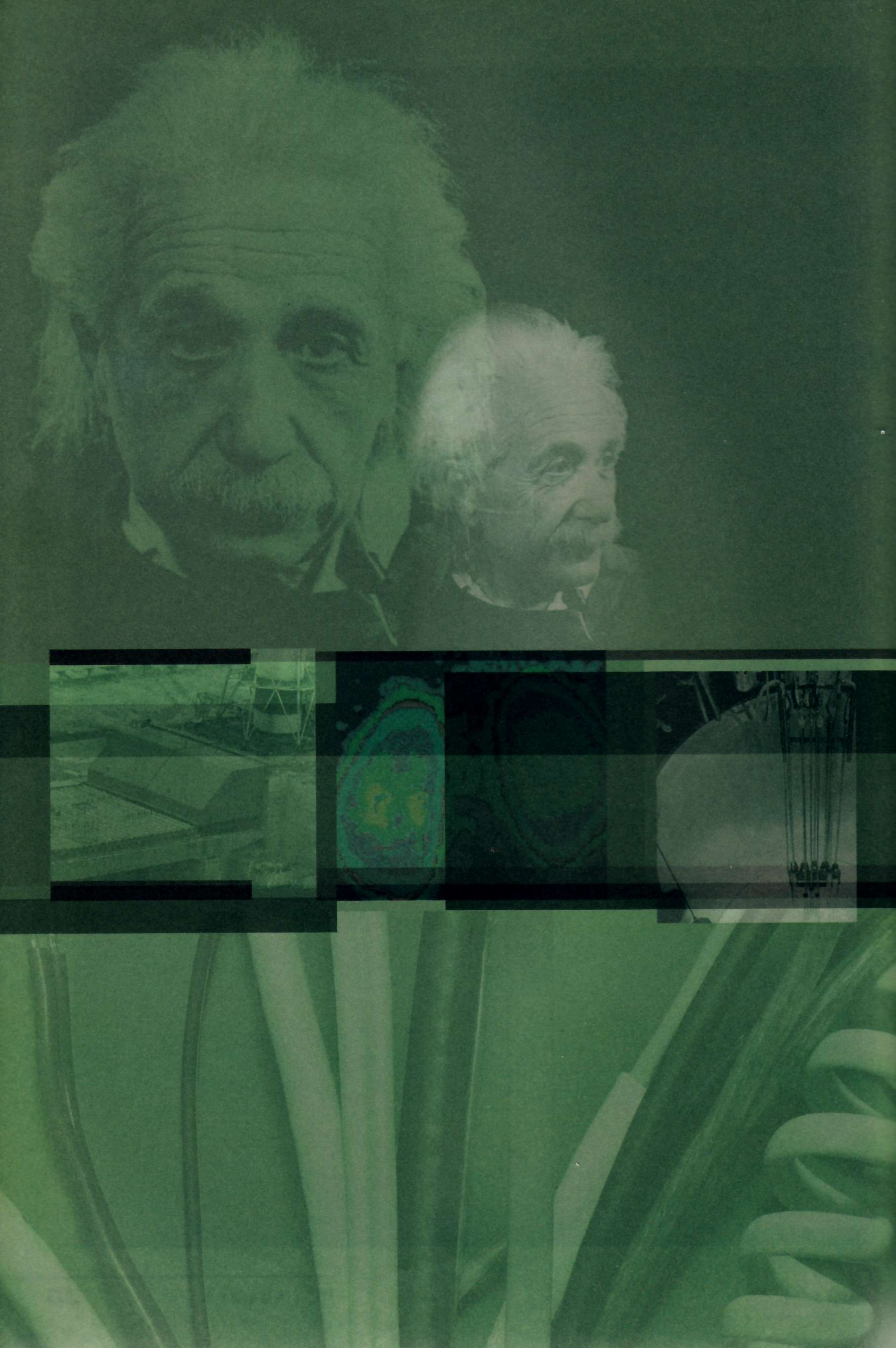
Skyriaus „Šviesos banginės savybės" santrauka

Šviesos dispersija	Šviesos dispersija vadinamas baltos šviesos skaidymasis į spektrą.



	Balta šviesa yra sudėtinė. Ją sudaro spalvotų spindulių visuma. Eidami per prizmę, tie spinduliai lūžta nevienodai: labiausiai — violetiniai, mažiausiai — raudoni. Surinkus spalvotus spektro spindulius į vieną vietą, vėl gaunama balta šviesa. Objektyviai šviesos spinduliai (elektromagnetinės bangos) spalvos neturi. Būdamos atitinkamo ilgio (dažnio), jos sukelia mums tik vienokios ar kitokios spalvos įspūdį.
Elektromagnetinių bangų skalė	Elektromagnetinių bangų skale vadinamos visos gamtoje egzistuojančios elektromagnetinės bangos, surašytos į vieną eilę pagal jų ilgį arba dažnį. Tai radijo bangos, infraraudonieji spinduliai, regimoji šviesa, ultravioletiniai spinduliai, rentgeno spinduliai, gama spinduliai.

Spektrai	Jie skirstomi į spinduliavimo (emisijos) ir sugerties (absorbcijos) spektrus. Spinduliavimo spektrai savo ruožtu gali būti: • ištisiniai (juos skleidžia įkaitę kietieji kūnai, skysčiai ir tankios dujos); • linijiniai (juos skleidžia nedidelio slėgio įkaitintos atominės dujos); • juostiniai (juos skleidžia nedidelio slėgio molekulinės dujos). Dujos labiausiai sugeria tuos spindulius, kuriuos jos pačios skleidžia įkaitintos (Kirchhofo dėsnis). Prietaisas spektrams stebėti vadinamas spektroskopu, o spektrams fotografuoti — spektrografu.
Šviesos interferencija $\Delta d = 2k\frac{\lambda}{2}$, $k = 1, 2, ...$ $\Delta d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$, $k = 1, 2, ...$	Dviejų ar keleto koherentinių šviesos bangų sudėtis vadinama šviesos interferencija. Interferencijos maksimumai susidaro tose erdvės vietose, kur bangų eigos skirtumas lygus lyginiam pusbangių skaičiui, o minimumai — kur bangų eigos skirtumas lygus nelyginiam pusbangių skaičiui.
Šviesos difrakcija	Šviesos difrakcija vadinamas šviesos bangų, einančių pro kliūčių kraštą, užlinkimas (nukrypimas nuo tiesaus kelio). Prietaisas spektrams gauti vadinamas difrakcijos gardele. Ją sudaro stiklinė plokštelė arba metalinis veidrodis su daugybe lygiagrečių rėžių.



6 Atomo sandara

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- požiūriais į šviesos prigimtį;
- fotoefekto reiškiniu;
- radioaktyvumo reiškiniu;
- radioaktyviųjų medžiagų spinduliuote;
- fotono samprata;
- spinduliuotės stebėjimo prietaisais;
- planetiniu atomo modeliu;
- grandinine dalijimosi reakcija;
- branduoliniu reaktoriumi.

6.1. Fotoefektas

Banginė ir kvantinė šviesos prigimtis

Dabar jau žinome, kad šviesa yra trumpos elektromagnetinės bangos. Tačiau toks požiūris į šviesą atsirado ne iš karto. Dar žiloje senovėje buvo gerai žinomi kai kurie geometrinės optikos dėsningumai, kaip antai: tiesiaeigis šviesos sklidimas, atspindžio ir lūžio dėsniai. Ir tik XVII a. antrojoje pusėje pradėta aiškintis, kaip šviesa sklinda iš ją spinduliuojančių kūnų. Beveik vienu metu atsirado dvi mokslinės teorijos:

- Niutono **korpuskulìnė teòrija**, teigianti, kad šviesa yra šaltinio skleidžiamos labai mažos materialiosios dalelės — korpùskulės (lot. *corpusculum* — kūnelis);
- Heigenso **bangìnė teòrija**, pasak kurios, šviesa yra bangos, sklindančios ypatinga hipotetine terpe vadinamuoju eteriu. XIX a. pabaigoje Maksvelas papildė šią teoriją, įrodęs, kad šviesa yra elektromagnetinės bangos.

Šiuolaikinė fizika abiejų mokslinių šviesos teorijų idėjas sujungė į vieną, teigiančią, kad šviesa turi ir dalelių, ir bangų savybių. Tai reiškia, kad į šviesą reikia žiūrėti ir kaip į sklindančią bangą, ir kaip į dalelių srautą. Vykstant vieniems reiškiniams, labiau išryškėja šviesos banginės savybės, o vykstant kitiems — korpuskulinės.

Bangines šviesos savybes jau aptarėme nagrinėdami interferencijos ir difrakcijos reiškinius. Dabar susipažinsime su reiškiniais, kuriuos paaiškina tik korpuskulinė teorija.

Fotonai

Vokiečių mokslininkas Maksas Plankas (*Maks Planck*, 1858—1947) spėjo, kad **atomai ir molekulės spinduliuoja šviesą (elektromagnetines bangas) ne ištisiniu srautu, o tam tikromis porcijomis**

(lot. *portio* — dalis) — kvántais (lot. *quantum* — kiek), kurie buvo pavadinti **fotònais** (gr. *phos* (kilm. *photos*) — šviesa). Pasak kvantinės šviesos teorijos, kiekvienas fotonas turi energijos

$$E = h\nu, \quad \text{arba} \quad E = h\frac{c}{\lambda};$$

čia h — koeficientas, vadinamas **Plánko konstánta**, ν — šviesos bangos virpesių dažnis, λ — šviesos bangos ilgis, c — šviesos greitis. Bandymais nustatyta Planko konstantos skaitinė vertė lygi

$$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}.$$

Iš pateiktų formulių matyti, kad fotono energija yra tiesiogiai proporcinga šviesos virpesių dažniui arba atvirkščiai proporcinga bangos ilgiui: ilgesnių šviesos bangų fotonų energija mažesnė negu trumpesnių (žr. lentelę).

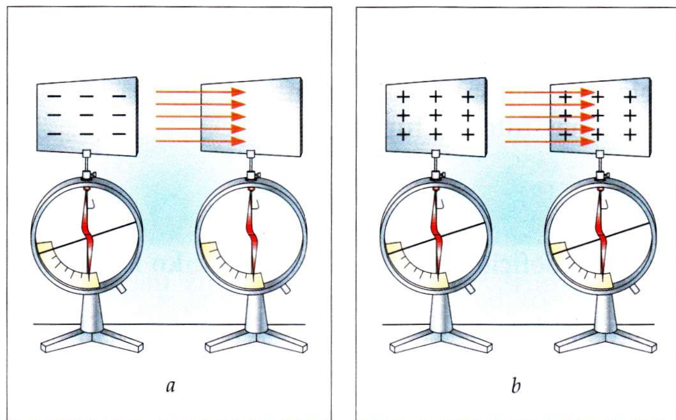
Įvairaus dažnio šviesos bangų vieno fotono energija

Šviesos spalva	Virpesių dažnis, THz	Fotono energija, J
Raudona	483	$0{,}32 \cdot 10^{-18}$
Oranžinė	508	$0{,}34 \cdot 10^{-18}$
Geltona	536	$0{,}36 \cdot 10^{-18}$
Žalia	600	$0{,}40 \cdot 10^{-18}$
Žydra	625	$0{,}41 \cdot 10^{-18}$
Mėlyna	666	$0{,}44 \cdot 10^{-18}$
Violetinė	789	$0{,}52 \cdot 10^{-18}$

Kvantinę šviesos teoriją patvirtina daugelis reiškinių. Vienas iš jų — **fotoefèktas**. Kas jis?

Fotoefektas

1887 m. vokiečių mokslininkas Heinrichas Hercas pastebėjo, kad įelektrintos metalinės plokštelės, apšviestos ultravioletine šviesa, išsielektrina greičiau.



6.1 pav.

1 bandymas. Prie elektrometro virbalo pritvirtinkime cinko plokštelę ir įelektrinkime ją neigiamai (į kailį patrinta ebonitine lazdele). Elektrometro rodyklė pakryps į šoną. Apšvieskime plokštelę ultravioletiniais spinduliais (lankine arba kvarco lempa), ir elektrometro rodyklė pamažu grįš į nulinę padėtį. Tai rodo, kad plokštelė išsielektrina (6.1 pav., *a*).

2 bandymas. Į šilką patrinta stikline lazdele dabar įelektrinkime cinko plokštelę teigiamai ir vėl apšvieskime ją ultravioletiniais spinduliais. Šį kartą plokštelė neišsielektrina — rodyklės padėtis nepasikeičia (6.1 pav., *b*).

Kodėl, atliekant 1 bandymą, plokštelė išsielektrina, o atliekant 2 bandymą — ne? Tai galima paaiškinti tokiu būdu.

Ultravioletiniai spinduliai išplėšia iš plokštelės paviršiaus elektronus. Neigiamai įelektrinta plokštelė juos stumia, todėl elektrometras išsielektrina. Tuo tarpu teigiamai įelektrinta plokštelė išplėštus elektronus traukia prie savęs ir šie grįžta atgal. **Elektronų išplėšimas iš medžiagos, veikiamos šviesa, vadinamas fotoefektù.**

Banginė šviesos teorija nesugebėjo paaiškinti šio reiškinio. Pasirodė, kad iš metalo išplėšto elektrono energija visiškai nepriklauso nuo šviesos srauto didumo. Ją lemia tik šviesos bangos ilgis. Ar silpna, ar stipria šviesa apšviesime metalą, didžiausias išplėštų elektronų greitis, taigi ir energija, bus pastovūs.

Tačiau kuo trumpesnė šviesos banga kris į metalo paviršių, tuo didesnį greitį įgis elektronai, vadinasi, tuo labiau padidės ir jų energija.

Fotoefekto reiškinį 1905 m., remdamasis Planko fotonų teorija, puikiai paaiškino garsusis Albertas Einšteinas. Pagal energijos tvermės dėsnį į metalą krintančio fotono (šviesos kvanto) energijos viena dalis naudojama darbui, kurį reikia atlikti išplėšiant elektroną iš metalo, o kita virsta elektrono kinetine energija:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$$

Tai Einšteino **fotoefèkto lygtìs**. Darbas A vadinamas **elektròno išláisvinimo dárbu**. Kiekvienoje medžiagoje fotoefektas vyksta tik tada, kai krintančios šviesos dažnis yra didesnis už tam tikrą (mažiausią) vertę, o fotono energija didesnė už išlaisvinimo darbą ($h\nu > A$).

Uždavinys. Ličio plokštelė apšviečiama ultravioletiniais spinduliais, kurių bangos ilgis 250 nm. Elektrono išlaisvinimo iš ličio darbas lygus $3{,}8 \cdot 10^{-19}$ J. Ar vyks fotoefektas? Jeigu taip, kiek kinetinės energijos įgis elektronai, išlėkdami iš ličio?

$\lambda = 250$ nm $= 2{,}5 \cdot 10^{-7}$ m
$A = 3{,}8 \cdot 10^{-19}$ J

E_k — ?

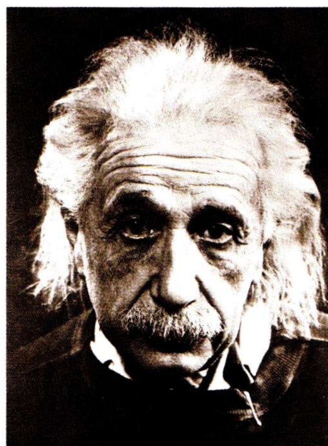
Sprendimas. Fotoefektas vyks, jeigu fotono energija bus didesnė už elektrono išlaisvinimo iš ličio darbą:

$$h\nu > A, \text{ arba } \frac{hc}{\lambda} > A.$$

Apskaičiuokime ultravioletinių spindulių fotono energiją ir palyginkime ją su elektrono išlaisvinimo darbu:

$$E = \frac{hc}{\lambda},$$

$$E = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^{8}\ \text{m/s}}{2{,}5 \cdot 10^{-7}\ \text{m}} = 7{,}9 \cdot 10^{-19}\ \text{J}.$$



ALBERTAS EINŠTEINAS (*Albert Einstein*, 1879—1955) — garsus fizikas teoretikas, vienas iš šiuolaikinės fizikos kūrėjų. Jis sukūrė visiškai naują mokslą apie erdvę ir laiką — specialiąją reliatyvumo teoriją, nagrinėjančią kūnų judėjimą greičiais, artimais šviesos greičiui, taip pat bendrąją reliatyvumo teoriją, tapusią mokslo apie Visatos raidą ir sandarą pagrindu. Jo darbas Brauno judėjimo teorijos srityje patvirtino medžiagos molekulinės kinetinės sandaros teoriją. Už fotoefekto teorijos (ne už reliatyvumo teorijos) sukūrimą Einšteinui 1921 m. paskirta Nobelio premija.

Kadangi $E > A$, tai fotoefektas vyks.

Elektronų kinetinę energiją randame remdamiesi fotoefekto lygtimi

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}, \quad \text{arba} \quad E = A + E_k.$$

Iš čia

$$E_k = E - A.$$

Įrašę skaitines vertes, gauname:

$$E_k = 7{,}9 \cdot 10^{-19}\ \text{J} - 3{,}8 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 4{,}1 \cdot 10^{-19}\ \text{J}.$$

Atsakymas: $4{,}1 \cdot 10^{-19}$ J.

Fotoefektu pagrįstas praktikoje plačiai taikomų fotoelementų veikimas. Fotoelementai naudojami skaičiuotuvuose, televizijoje vaizdo signalams paversti elektriniais, prietaisuose, kurie automatiškai išjungia ir įjungia gatvių apšvietimo sistemas, saugo darbininkus nuo traumų ir pan.

Užduotys

1. Kokios šviesos fotono energija didesnė: raudonos ar violetinės?

2. Šviesos bangos dažnis lygus 600 THz. Kokia yra šio fotono energija?

3. Apskaičiuokite fotono energiją, kai bangos ilgis lygus $5 \cdot 10^{-7}$ m.

4. Rentgeno spindulių bangos ilgis 10^{-8} m. Apskaičiuokite jų fotono energiją.

5. Kokia yra infraraudonųjų spindulių, kurių bangos ilgis 10^{-3} cm, fotono energija?

6. Fotono energija lygi $2 \cdot 10^{-17}$ J. Apskaičiuokite jo bangos ilgį ir nustatykite, kokiems spinduliams jį galima priskirti.

7. Kokių spindulių fotono energija yra $4 \cdot 10^{-19}$ J?

8. Apskaičiuokite elektrono išlaisvinimo iš cinko paviršiaus darbą, kai ilgiausia šviesos banga, sukelianti fotoefektą, yra $3 \cdot 10^{-7}$ m ilgio.

9. Ar įvyks fotoefektas, jeigu cinko plokštelę apšviesime regimąja šviesa?

10. Cezis apšviečiamas geltona šviesa, kurios bangos ilgis $5{,}89 \cdot 10^{-7}$ m. Elektrono išlaisvinimo iš cezio darbas lygus $1{,}7 \cdot 10^{-19}$ J. Apskaičiuokite iš cezio išlekiančių elektronų kinetinę energiją.

6.2. Bendroji atomo sandaros samprata

Iš atomo sampratos istorijos

Apie medžiagos sandarą jau nemažai sužinojome per chemijos, fizikos ir kitų dalykų pamokas. Kai ką pakartodami toliau gvildensime atomo ir jo branduolio sandarą, aptarsime kai kurių mokslo rezultatų taikymą.

- Graikų filosofas Leukipas (*Leukippos*, 500—440 pr. Kr.) ir jo mokinys Demokritas (*Demokritos*, 460—370 pr. Kr.) propagavo idėją, kad yra mažiausios materialiosios dalelės — atòmai. Deja, ši idėja daugelį amžių buvo pamiršta.
- Iš užmaršties atomizmą prikėlė prancūzų filosofas ir matematikas Pjeras Gasendi (*Pierre Gassendi*, 1592—1655).
- 1808 m. anglų fizikas ir chemikas Džonas Daltonas iškėlė idėją, kad atomas yra mažiausia cheminio elemento dalelė, kuri skiriasi nuo kitų elementų atomų savo mase.
- Atominę medžiagos sandarą galutinai patvirtino periodinė elementų sistema, kurią atskirai vienas nuo kito 1869 m. sukūrė vokiečių chemikas Julijus Lotaras Mejeris (*Julius Lotar Meyer*) ir rusų chemikas Dmitrijus Mendelejevas, taip pat Brauno judesių teorija.
- Atradus radioaktyvumą (1896 m.) ir elektroną (1897 m.), paaiškėjo, kad atomas yra dalomas; jis sudarytas iš smulkesnių dalelių.

Tai įdomu !

Atomų matmenis galima vaizdžiai palyginti su mums įprastų daiktų dydžiu:

- *jei būtų įmanoma vieną atomą padidinti iki smeigtuko galvutės dydžio (1 mm), tai tiek pat kartų padidintas 1,8 m ūgio žmogus būtų 18 000 km ūgio;*
- *jei pasisektų atomus sudėti vieną šalia kito 1 mm ilgio atkarpoje, joje išsitektų net 10 000 000 atomų;*
- *jeigu vandenilio atomo branduolys būtų tokio dydžio kaip aguonos grūdelis, elektronas skrietų už 50 m nuo jo.*
- *Daug vertingų darbų atomo teorijos srityje atliko ir Lietuvos mokslininkai, tarp jų akademikas Adolfas Jucys (1904—1974) ir jo sukurta fizikų teoretikų mokykla. Ji vaisingai dirba ir dabar.*

Atomų modeliai

Įsitikinus, kad atomai tikrai egzistuoja, jų sandarai paaiškinti buvo siūloma daugybė modelių.

Paprasčiausias iš jų — **mechãninis atòmo mòdelis**, kurį 1903 m. sukūrė garsus anglų fizikas Džozefas Džonas Tomsonas (*Joseph John Thomson*, 1856—1940). Pasak jo, atomas yra mažas rutuliukas — teigiamojo krūvio debesėlis, kuriame elektronai išsidėstę kaip razinos pyrage. Bendras teigiamasis debesėlio krūvis lygus neigiamajam elektronų krūviui. Toks modelis tiko paaiškinti reiškiniams, kuriuose atomo sandara nevaidino jokio vaidmens.

Rèzerfordo ir Bòro atòmo mòdelis primena Saulės sistemą. Elektronai atome skrieja aplink branduolį panašiai kaip planetos aplink Saulę. Toks atomo modelis dar vadinamas **planètiniu mòdeliu**.

Atòmą sudaro branduolỹs ir elektròninis ãpvalkalas. Atomų spindulys siekia apie $0{,}53 \cdot 10^{10}$—$1{,}5 \cdot 10^{-10}$ m, o branduolių — $1{,}3 \cdot 10^{-15}$—$9 \cdot 10^{-15}$ m. Atomų masė kinta nuo $1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg (vandenilio) iki $3{,}95 \cdot 10^{-25}$ kg (urano). Didžiausia atomų masės dalis (apie 99,9 %) sutelkta branduolyje, kurio tankis nepaprastai didelis — apie $1{,}4 \cdot 10^{17}$—$1{,}8 \cdot 10^{17}$ kg/m^3. Elektroninio apvalkalo dalelė — elektronas — yra elementarioji dalelė, turinti vieną neigiamąjį elementarųjį krūvį $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C ir rimties masę $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.

Atomo branduolys susideda iš neutrònų ir protònų. Kartu jie vadinami **nukleònais**.

Protonas (p) yra elementarioji dalelė, kurios krūvis lygus vienam teigiamajam elementariajam krūviui ($1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C), o rimties masė yra apie 1836 kartus didesnė už elektrono masę ($m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg). Neutronas (n) yra elektros krūvio neturinti elementarioji dalelė. Jos masė 1839 kartus didesnė už elektrono masę (apytiksliai lygi protono masei).

Neutralaus atomo branduolio teigiamąjį krūvį kompensuoja neigiamasis elektronų krūvis (protonų skaičius lygus elektronų skaičiui). Atomai, prisijungę elektronų, virsta neigiamaĩsiais jònais, o jų netekę — teigiamaĩsiais jònais.

Cheminio elemento atomas, kaip žinote iš chemijos kurso, žymimas taip:



$$^{A}_{Z}X;$$

čia X — cheminio elemento simbolis, Z — elemento atòminis skaĩčius, arba neutralaus atomo elektronų skaičius, arba branduolio protonų skaičius (jis yra ir elemento eilės numeris periodinėje sistemoje), A — mãsės skaĩčius, rodantis, kiek nukleonų yra branduolyje. Masės skaičius lygus protonų skaičiaus Z ir neutronų skaičiaus N sumai:

$$A = Z + N.$$

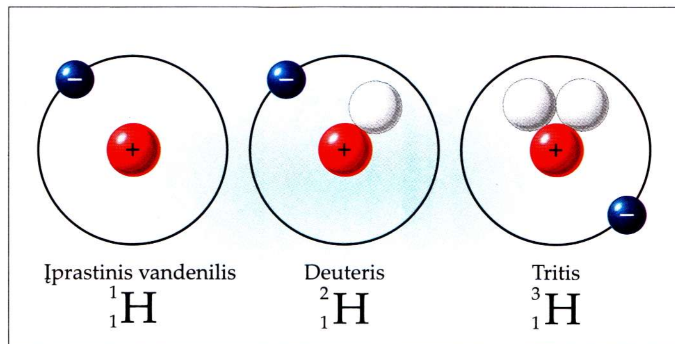
1 pavyzdys. Prisiminkime, ką reiškia simbolis $^{23}_{11}Na$. Skaičius 11 rodo, kad natrio atomo branduolyje yra 11 protonų (apvalkale — 11 elektronų). Kadangi masės skaičius lygus 23, tai branduolį sudaro 23 nukleonai. Neutronų natrio atomo branduolyje yra $N = 23 - 11 = 12$.

Atomai, kurių branduolio krūvis tas pats (vienodas protonų skaičius), o atominė masė skirtinga (skirtingas neutronų skaičius), vadinami **izotòpais** (gr. *isos* — lygus, vienodas, panašus + *topos* — vieta). Dauguma cheminių elementų turi po keletą izotopų.

2 pavyzdys. Gamtoje aptinkami trys vandenilio izotopai, kurie skiriasi vieni nuo kitų neutronų skaičiumi ir turi atskirus pavadinimus (6.2 pav.).

Gamtoje daugiausia yra įprastinio vandenilio $^{1}_{1}H$, arba kitaip pròčio. Sunkusis vandenilis $^{2}_{1}H$ (dèuteris) sudaro tik 0,0115 % įprastinio vandenilio. Dar rečiau pasitaiko nestabilaus tričio $^{3}_{1}H$: 10^{18} vandenilio $^{1}_{1}H$ atomų tenka vienas tričio atomas.

6.2 pav.



Užduotys

1. Kiek ir kokių nukleonų yra šių elementų branduoliuose:

a) $^{39}_{19}K$; b) $^{27}_{13}Al$; c) $^{56}_{26}Fe$?

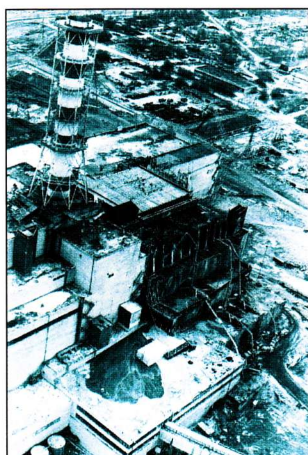
2. Kokio cheminio elemento branduolyje yra:

a) 3 protonai ir 4 neutronai;

b) 29 protonai ir 35 neutronai?

3. Kiek elektronų skrieja aplink cinko atomo branduolį? Kiek neutronų yra šiame branduolyje?

4. Parašykite referatą tema „Ką aš sužinojau apie atomo sandarą, mokydamasis įvairių dalykų".

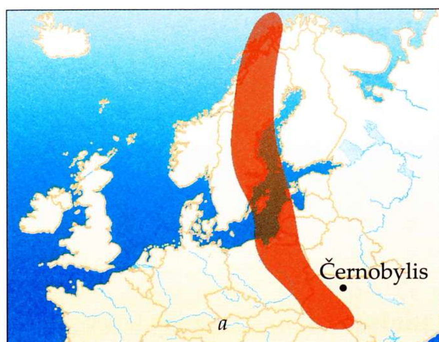


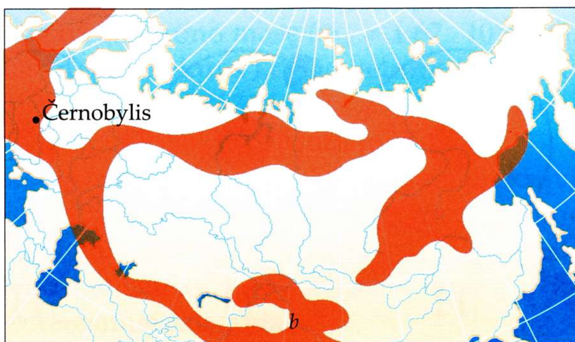
6.3 pav.

6.3. Radioaktyvumas

1986 m. balandžio 26 d. Černòbylio atominėje elektrinėje (6.3 pav.), esančioje už 130 km į šiaurę nuo Kìjevo (Ukraìnoje), įvyko avarija. Į atmosferą buvo išmesta nepaprastai daug kenksmingų dujų ir dulkių, kurios skleidė radioaktyviąją spinduliuotę. Apie padidėjusį radioaktyvumą pirmosios pranešė Skandinavijos šalių stotys, nes vėjas šias pavojingas medžiagas paskleidė plačioje teritorijoje. Iš 6.4 paveikslo matyti, kad jos atklydo ir į Lietuvą. Šiame paveiksle pavaizduota, kaip paplito radioaktyvieji

6.4 pav.





teršalai praėjus dviem dienoms (*a*) ir dešimčiai dienų (*b*) po avarijos.

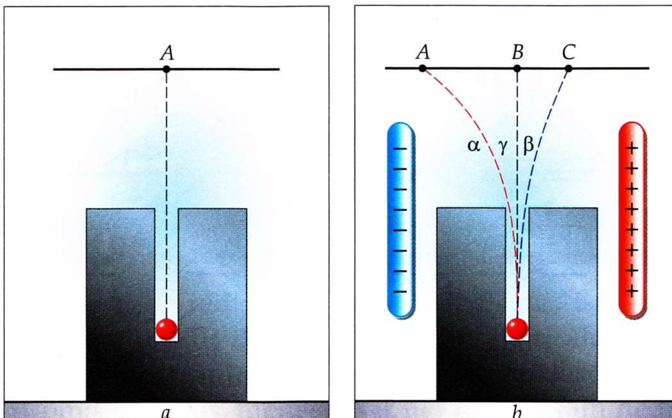
Kas yra tas radioaktyvumas, kurio neįmanoma aptikti be specialių prietaisų? Kodėl jis kenksmingas?

Nemažai fizikinių reiškinių buvo pastebėta visiškai atsitiktinai. Taip atsitiko ir su radioaktyvumu.

1896 m. prancūzų mokslininkas A n r i B e k e r e l i s (*Anri Becquerel*), atlikdamas bandymus su urano druskomis, netikėtai aptiko, kad viena jų paveikė gerai supakuotą fotografinę plokštelę. Bekerelis spėjo, kad urano druskos savaime, be išorinių veiksnių įtakos, skleidžia kažkokius nežinomus spindulius, kurie lengvai pereina neskaidrius kūnus. Medžiagos savybė savaime skleisti tokius spindulius buvo pavadinta **radioaktyvumù** (lot. *radio* — spinduliuoju). Išbandęs įvairius cheminius urano junginius, Bekerelis nustatė, kad radioaktyvumas būdingas ne junginiams, o cheminiam elementui uranui, jo atomų branduoliams. Vėliau buvo atrasta daugiau šią savybę turinčių medžiagų: polonis, radis, toris ir kt.

Radioaktyviosios spinduliuotės prigimtį pavyko išaiškinti atliekant tokį bandymą. Švino gabale buvo išgręžtas siauras kanalas, o ant jo dugno padėtas mažytis gabalėlis radioaktyviosios medžiagos. Jos skleidžiami spinduliai iš kanalo ėjo siauru pluoštu ir priešais kanalą pastatytoje fotografinėje plokštelėje (taške *A*) paliko tamsią dėmę (6.5 pav., *a*). Pra-

6.5 pav.



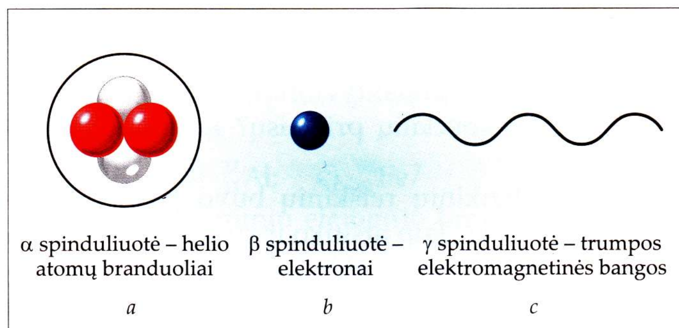
Tai įdomu

• *Tirdami radioaktyvumą, ypač daug nusipelnė M a r i j a S k l o d o v s k a - K i u r i* (Marija Skłodowska-Curie, *1867—1934*) *su savo vyru P j e r u K i u r i* (Pierre Curie, *1859—1906*). *1903 m. už radioaktyvumo reiškinio tyrimus sutuoktiniai Kiuri (kartu su Anri Bekereliu) gavo Nobelio premiją. Jų pavarde pavadintas dirbtinis cheminis elementas kiùris. Už metalinio radžio gavimą Marijai Sklodovskai-Kiuri 1911 m. paskirta antroji Nobelio premija.*

• *Įvykus Černobylio AE avarijai, į atmosferą pateko apie 11 t radioaktyviųjų medžiagų. Jomis užkrėsta apytiksliai 100 000 km^2 teritorijos.*

• *Pasaulinė sveikatos organizacija nustatė, kad dėl šios katastrofos gretimose valstybėse padaugėjo skydliaukės bei kraujo vėžio, plaučių ir širdies ligų, apsigimimų.*

• *Černobylio AE avarija yra didžiausia katastrofa po atominės bombos sprogimo Hirosimoje ir Nagasãkyje.*



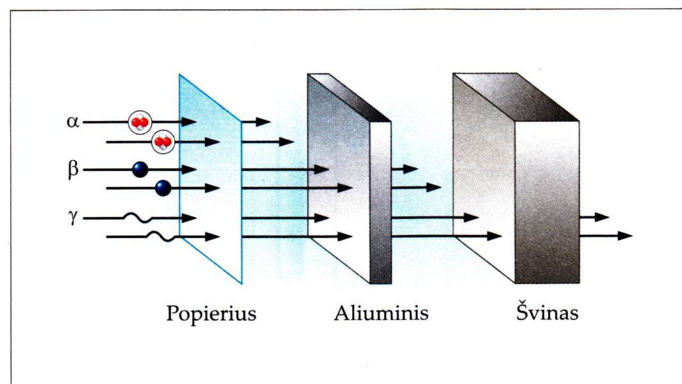
6.6 pav.

leistas tarp dviejų stipriai įelektrintų plokščių (6.5 pav., *b*), pluoštas suskildavo į tris pluoštelius ir palikdavo dėmes trijose fotografinės plokštelės vietose: *A*, *B* ir *C*. Pagal šiuos pėdsakus buvo nustatyta, kad elektrinis laukas veikia tuos spindulius nevienodai. Magnetiniame lauke pluoštas taip pat suskildavo į tris pluoštelius.

Minėtas bandymas parodė, kad spinduliuotė yra trejopa. Pagal pirmąsias graikų abėcėlės raides ji buvo pavadinta α (alfa), β (beta) ir γ (gama) spinduliuote. Atlikus detalesnius bandymus, paaiškėjo, kad:

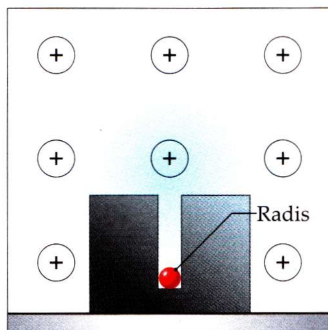
- α spinduliuotė yra helio atomų $^{4}_{2}He$ branduolių, arba alfa dalelių, srautas (6.6 pav., *a*);
- β spinduliuotė — greitai skriejančių elektronų, arba beta dalelių, srautas (6.6 pav., *b*);
- γ spinduliuotė — labai trumpos elektromagnetinės bangos (6.6 pav., *c*).

6.7 pav.



Kadangi α dalelių elektros krūvis yra teigiamas, tai jų srautas nukrypdavo neigiamai įelektrintos plokštės link, tuo tarpu neigiamą krūvį turinčių elektronų srautas — teigiamai įelektrintos plokštės link. γ spinduliuotės sklidimo krypties elektrinis laukas nepakeisdavo.

Drauge buvo nustatyta, kad α, β ir γ spinduliuotė pro įvairias medžiagas prasiskverbia nevienodai. Pavyzdžiui, α spinduliuotė pereina tik popieriaus lapą ar 4—10 cm storio oro sluoksnį, β spinduliuotė — 4—5 mm storio aliuminio plokštelę, o γ spinduliuotė — net storą švino plokštelę (6.7 pav.). Taigi nuo α spinduliuotės gali apsaugoti drabužiai, nuo β spinduliuotės — namų sienos, o nuo γ spinduliuotės — tik storas švino ar kelių metrų storio betono sluoksnis.



6.8 pav.

Užduotys

1. Kodėl radioaktyvieji preparatai saugomi storasieniuose švininiuose induose?

2. Nurodykite α, β ir γ spinduliuotės, patekusios į magnetinį lauką, sklidimo kryptį. Magnetinio lauko jėgų linijos statmenos brėžinio plokštumai (jos pažymėtos simboliais ⊕, 6.8 pav.).

3. Kuo skiriasi izotopų $^{1}_{1}H$ ir $^{2}_{1}H$ branduoliai?

4. Iš ko sudaryti $^{60}_{28}Ni$ ir $^{9}_{4}Be$ branduoliai?

6.4. Radioaktyvumas ir branduolių virsmai

Su radioaktyvumu susiję reiškiniai

Tyrinėjant radioaktyviąsias medžiagas, išryškėjo daug neįprastų dalykų. Radioaktyviųjų elementų spinduliuotės intensyvumas beveik nepakisdavo ištisomis paromis, mėnesiais ir net metais. Jam neda-

rė jokios įtakos nei šildymas, nei slėgio didinimas. Tai rodo, kad šis reiškinys yra ypatingas virsmas.

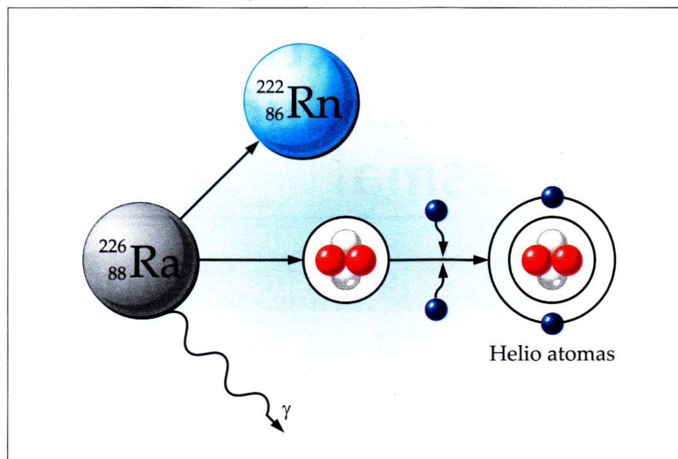
Radioaktyvusis preparatas ilgus metus nenutrūkstamai spinduliavo energiją, taigi jis buvo truputį šiltesnis už aplinką. Iš kurgi imama ši energija? Buvo spėjama, kad kinta patys atomai.

Radioaktyvumas ir branduolių virsmai

Tyrimai parodė, kad radioaktyvumo priežastis glūdi atomų branduoliuose. Jie yra nestabilūs ir savaime skyla virsdami kitais branduoliais. Vykstant tokiems branduolių virsmams, išspinduliuojamos įvairios dalelės.

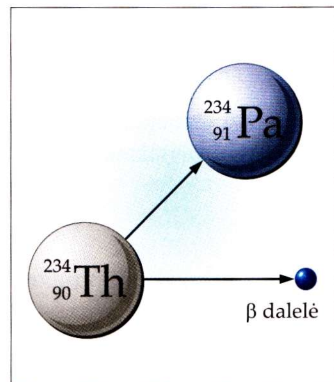
1 pavyzdys. Radžio $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ atomo branduolyje yra 88 protonai ir 138 neutronai (226 – 88 = 138). Šis branduolys nestabilus ir skildamas išspinduliuoja alfa dalelę $^{4}_{2}\mathrm{He}$. Dėl to pats virsta atomo branduoliu, turinčiu dviem protonais ir dviem neutronais mažiau. Šis naujas elementas vadinamas radonu — $^{222}_{86}\mathrm{Rn}$. Jo atomas taip pat radioaktyvus. Radžio išspinduliuota alfa dalelė prisijungia iš aplinkos du elektronus ir virsta neutraliu helio atomu. Kartu su alfa dalele radžio branduolys išspinduliuoja gama spindulius. Šis procesas schemiškai pavaizduotas 6.9 paveiksle.

6.9 pav.



2 pavyzdys. Torio $^{234}_{90}Th$ atomo branduolyje yra 90 protonų ir 144 neutronai (234 – 90 = 144). Branduolys nestabilus. Išspinduliavęs beta dalelę, jis virsta nauju branduoliu. Nuostabu tai, kad išmesta beta dalelė (elektronas) nėra sudedamoji branduolio dalis. Įrodyta, kad šis elektronas nepriklauso ir atomo apvalkalui. Jis susidaro tik vykstant radioaktyviajam skilimui — pakintant neutronų ir protonų skaičiui. Neutronui virstant protonu, atsiranda elektronas, kuris išspinduliuojamas kaip beta dalelė, ir susidaro naujas atomo branduolys. Jame yra vienu neutronu mažiau ir vienu protonu daugiau negu torio atomo branduolyje. Masės skaičius, t. y. bendras nukleonų skaičius, nepakinta. Naujasis elementas vadinasi protaktinis, jo simbolis $^{234}_{91}Pa$. Torio virsmas protaktiniu schemiškai pavaizduotas 6.10 paveiksle.

Daugelis tyrimų leidžia tvirtinti, kad gamtoje randama dviejų rūšių radioaktyviųjų atomų: vieni jų spinduliuoja α daleles (helio branduolius) ir γ spindulius (trumpas elektromagnetines bangas), kiti — β daleles (elektronus). Jei vienu metu iš medžiagos išspinduliuojamos α ir β dalelės bei γ spinduliai, vadinasi, toje medžiagoje yra įvairiai spinduliuojančių atomų.

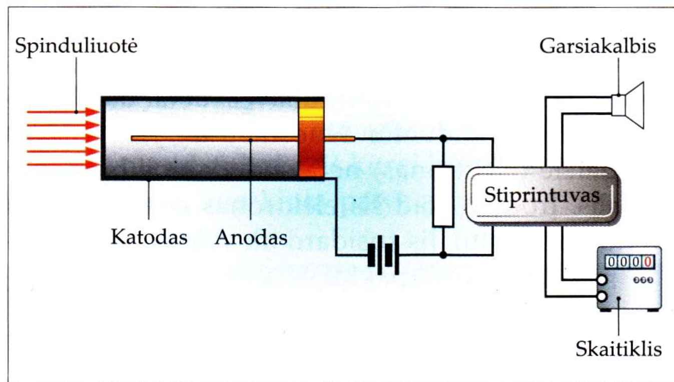


6.10 pav.

Spinduliuotės stebėjimo prietaisai

Radioaktyviajai spinduliuotei stebėti yra sukurta nemažai įvairių prietaisų. Daugelio jų veikimas pagrįstas dalelių ir gama spindulių jonizuojamu bei fotocheminiu poveikiu.

Geĩgerio ir Miùlerio skaitìklis. Šį 1928 m. sukonstruotą prietaisą sudaro metalinis plonomis sienelėmis ar iš vidaus metalizuotas stiklinis vamzdelis (katodas). Jo viduje išilgai ašies ištemptas plonas metalinis siūlas (anodas). Vamzdelis pripildytas vandenilio, helio, argono ar kitų dujų. Tarp vamzdelio vidinio paviršiaus ir metalinio siūlo (t. y. tarp katodo ir anodo) įjungiamas aukštosios įtampos srovės šaltinis stipriam elektriniam laukui sukurti (6.11 pav.).

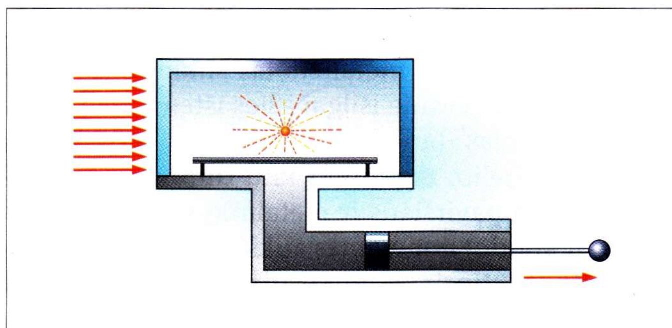


6.11 pav.

Į skaitiklį patekusi elektringoji dalelė, pavyzdžiui, elektronas, jonizuoja dujas — išplėšia iš jų atomų elektronus. Susidarę teigiamieji jonai juda katodo link, o elektronai — anodo link. Taigi atsiranda trumpalaikė elektros srovė, kuri sustiprinama ir perduodama į specialų skaičiavimo įrenginį. Tokiu būdu galima tiksliai užregistruoti į skaitiklį patenkančias daleles, kurios gali jonizuoti dujas.

Vilsono kamera. Anglų fizikas Čarlzas Vilsonas (*Charles Wilson*, 1869—1959) 1912 m. sukonstravo vadinamąją **Vìlsono kãmerą** — prietaisą elektringųjų dalelių pėdsakams stebėti ir fotografuoti. Tai hermetiškai uždarytas indas, pripildytas sočiųjų vandens ar alkoholio garų. Kameros tūrį galima keisti stūmokliu (6.12 pav.). Stūmoklį staiga patraukus į dešinę, kameros tūris padidėja, o garų slėgis ir temperatūra sumažėja. Garai atvėsta ir pasidaro persotintieji. Jeigu tuo metu į kamerą patenka elektringoji dalelė, tai ji jonizuoja kameroje esančių garų atomus (molekules). Susidarę jonai tampa kon-

6.12 pav.



densacijos centrais, ir dalelės kelyje atsiranda smulkučių rūko lašelių ruožas — pėdsakas. Jį galima stebėti ir fotografuoti.

Dalelių pėdsakai Vilsono kameroje teikia daugiau informacijos negu skaitikliai. Pagal pėdsakų pobūdį galima apskaičiuoti dalelių masę, energiją, greitį ir kt.

Storasluoksnės fotoemulsijos. Greitos elektringosios dalelės, patekusios į storą fotografinės emulsijos sluoksnį, išplėšia elektronus iš atskirų emulsiją sudarančių atomų ir palieka paslėptą pėdsaką. Ryškinant iš jo atkuriama dalelės trajektorija. Iš jos ilgio bei storio galima nustatyti dalelės masę ir energiją.

Tai įdomu !

- *Radioaktyviosios medžiagos branduolių aktyvumas SI sistemoje matuojamas bekerėliais (sutrumpintai žymima Bq). Kai per 1 s suskyla vienas branduolys, medžiagos aktyvumas lygus 1 Bq. Milijoną kartų didesnis vienetas yra megabekerėlis:*

$$1\ MBq = 10^6\ Bq.$$

- *Medžiagos aktyvumą dar galima reikšti ir kitais vienetais, pavyzdžiui, kiūriais (sutrumpintai Ci):*

$$1\ Ci = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ Bq.$$

- *Tokio pat kiekio skirtingų radioaktyviųjų medžiagų aktyvumas yra nevienodas:*

Radioaktyvioji medžiaga	Aktyvumas
1 g radžio (Ra)	37 000 000 000 Bq = 37 000 MBq = 1 Ci Per 1 s suskyla 37 milijardai atomų branduolių.
1 g urano (U)	12 000 Bq Per 1 s suskyla 12 000 atomų branduolių.
1 g natūralaus kalio (K)	28 Bq Per 1 s suskyla 28 atomų branduoliai.

- *Vienų radioaktyviųjų medžiagų virsmai kitomis vyksta labai lėtai, kitų — labai greitai. Laiko tarpas, per kurį radioaktyviosios medžiagos aktyvumas sumažėja perpus, vadinamas tos medžiagos **pusėjimo trukmė**. Per šį laiką suskyla pusė radioaktyviosios medžiagos atomų. Kuo mažesnė pusėjimo trukmė, tuo daugiau atomų suskyla per vienetinį laiką. Pavyzdžiui, urano $^{238}_{92}U$ pusėjimo trukmė lygi 4,5 milijardo metų, radžio — 1600 metų, radono — 4 paroms. Gamtoje labiau paplitusios medžiagos, kurios skyla lėčiau.*
- *Už Vilsono kameros išradimą Čarlzui Vilsonui 1927 m. paskirta Nobelio premija.*

Užduotys

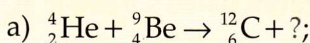
1. Kaip vadinamas cheminis elementas, kurio branduolys susideda iš:

a) 8 protonų ir 8 neutronų;

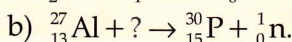
b) 92 protonų ir 146 neutronų?

2. Apskaičiuokite visų alavo atomo elektronų krūvį.

3. Įrašykite branduolinių reakcijų lygčių nežinomus narius:



a) ${}^{4}_{2}He + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{12}_{6}C + ?$;



b) ${}^{27}_{13}Al + ? \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$.

6.5. Radioaktyvumo poveikis gyvajam organizmui

Tai įdomu

• *Jonizuojančiosios (radioaktyviosios) spinduliuotės poveikį gyviesiems organizmams apibūdina **sugertóji spinduliuõtės dòzė**, t. y. sugerta spinduliuotės energija, tenkanti 1 kg kūno masės. Sugertosios spinduliuotės dozės SI vienetas yra grė̃jus (sutrumpintai žymimas Gy):*

$$1\ Gy = 1\ \frac{J}{kg}.$$

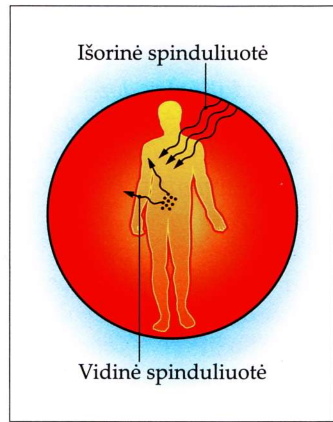
Žalingas radioaktyviosios spinduliuotės poveikis

Alfa, beta ir gama spinduliuotę nuolat skleidžia mūsų aplinka. Tačiau jos poveikis labai menkas ir gyvieji organizmai yra prie jo prisitaikę. Labai jautrius vidaus organus iš dalies saugo oda.

Vis dėlto kai atmosferoje bandomi branduoliniai užtaisai, įvyksta avarijos atominėse elektrinėse, aplinkos radioaktyvumas gali labai padidėti ir pakenkti žmonių sveikatai. Radioaktyviosios medžiagos ypač pavojingos pasidaro tada, kai patenka į organizmą su maistu ir oru. Pavyzdžiui, po Černobylio atominės elektrinės avarijos į ganyklas galėjo kai kur patekti radioaktyviųjų medžiagų. Tokią žolę ėdančių karvių pienas labai kenksmingas. Negalima valgyti ir radioaktyviomis medžiagomis užterštame miške surinktų grybų ar užterštame ežere sužvejotų žuvų.

Radioaktyvumo poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo:
- spinduliuotės rūšies ir intensyvumo;
- spinduliavimo trukmės;
- organizmo jautrumo.

6.13 ir 6.14 paveiksle pavaizduota radioaktyvumo poveikio žmogaus organizmui schema.



6.13 pav.

α, β ir γ spinduliuotės poveikis

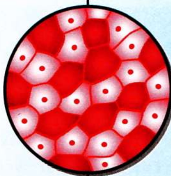
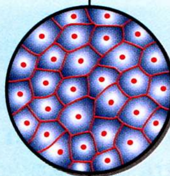
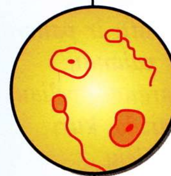
Organizmą iš išorės veikianti α spinduliuotė mažai pavojinga — nuo jos saugo oda. Tačiau patekusi į organizmo vidų pro kvėpavimo takus, burną ar sužeistą odą, ji (vidinė spinduliuotė) labai kenkia, nes mažame tūryje sukuria daug jonų. Šiuo požiū-

6.14 pav.

Patekusi į žmogaus organizmą, α, β ir γ spinduliuotė gali jonizuoti ląstelių atomus ir molekules, nutraukti jų ryšius. Dėl to ląstelėse prasideda įvairūs cheminiai ir biocheminiai procesai, kurie jas naikina. Ypač sparčiai pažeidžiamos tos ląstelės, kurios greitai dalijasi.

Kūno ląstelių pokyčiai

Gemalinių ląstelių pokyčiai

Vėžinės ligos
- leukemija (kraujo vėžys)
- plaučių vėžys
- krūtų vėžys

Spindulinė liga
- organizme atsiranda pažeistų kraujo kūnelių
- parausta oda
- ligonis vemia
- viduriuoja
- slenka plaukai

Spindulinė mirtis

ligoniai dažniausiai miršta dėl infekcijų, nes sutrinka apsauginės organizmo funkcijos

Apsigimimai

Tai įdomu !

- *Spinduliuotės dozė tik kiekybiškai nusako sugertą spinduliuotės energiją. Jos poveikis organizmui priklauso ir nuo spinduliuotės rūšies. Pavyzdžiui, tokia pat į organizmą prasiskverbusios α spinduliuotės dozė yra 20 kartų pavojingesnė negu β ir γ spinduliuotės (6.15 pav.).*
- *Per viešą paskaitą Anri Bekereliui prireikė radioaktyviųjų medžiagų. Iš Pjero ir Marijos Kiuri šeimos gautą mėgintuvėlį su šiomis medžiagomis mokslininkas įsidėjo į liemenės kišenę. Kitą dieną ant savo kūno ties ta vieta, kur buvo liemenės kišenė, jis pastebėjo mėgintuvėlio formos raudoną dėmę.*

Apie atsitikimą Bekerelis papasakojo Kiuri, o šis atliko bandymą su savimi — prie savo rankos dilbio pririšo mėgintuvėlį su radioaktyviuoju preparatu ir panešiojo jį dešimt valandų. Rankos oda paraudo, vėliau atsivėrė gili žaizda, kuri užgijo tik po dviejų mėnesių.

riu pavojingiausios medžiagos yra radis ir polonis. Radis kaupiasi kauluose, todėl sutrinka baltųjų ir raudonųjų kraujo kūnelių gamyba. Žmogus suserga mažakraujyste.

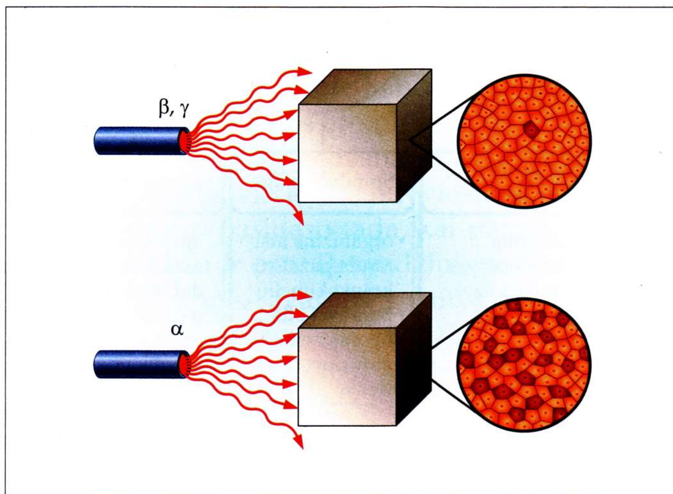
β spinduliuotė prasiskverbia per suragėjusį odos sluoksnį į gyvus audinius ir gali smarkiai nudeginti odą. Ji pasidaro sausa, o nagai — trapūs. Spinduliuotė kartais sukelia net odos vėžį. Jai labai jautrios akys.

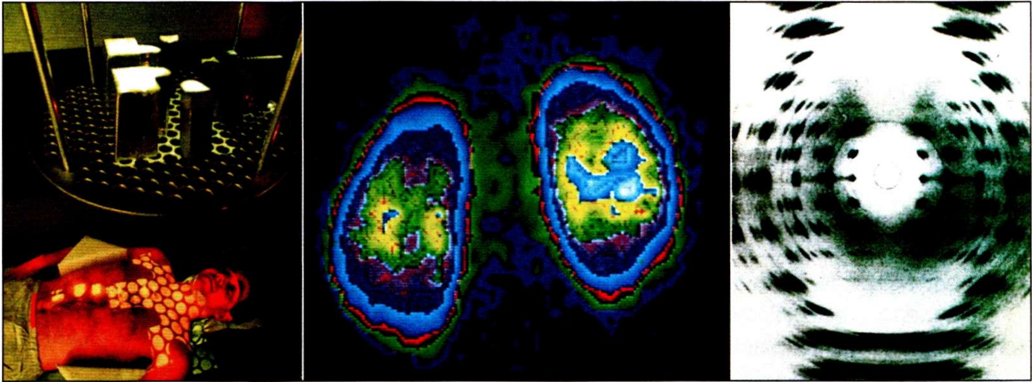
γ spinduliuotė labai skvarbi, todėl gali paveikti giliai organizme esančius audinius, pakeisti kraujo sudėtį, sukelti mažakraujystę, kataraktą (akies lęšiuko drumstį), viduriavimą ir kt.

Radioaktyvumo taikymas

Tačiau radioaktyvumo poveikis ne visada yra žalingas. Radioaktyviųjų medžiagų skleidžiamais spinduliais medicinoje diagnozuojamos ir gydomos įvairios ligos (6.16 pav.). Antai nedideliais radioaktyvaus natrio kiekiais tiriama kraujo apytaka, radioaktyvaus jodo preparatais diagnozuojama Bazedovo liga (skydliaukės veiklos sutrikimas). Kadangi greitai besidalijančias ląsteles (pavyzdžiui, vėžio) šie spinduliai ardo sparčiau, jais švitinami piktybiniai augliai. Taip sustabdomas jų plėtimasis.

6.15 pav.





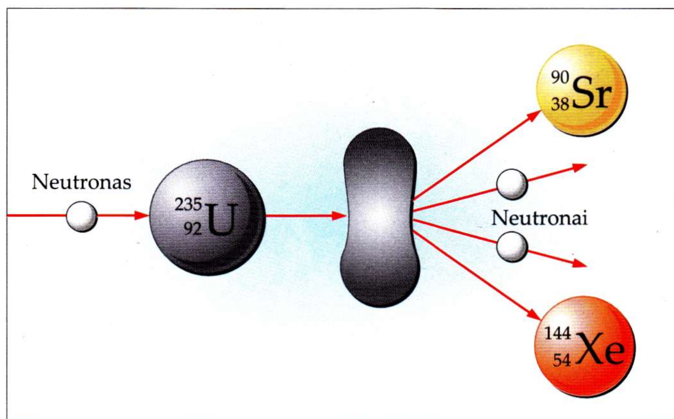
6.16 pav.

Pramonėje tais spinduliais tiriama metalo liejinių sandara — nustatoma, ar juose nėra defektų. Žemės ūkyje švitinimu paspartinamas augalų ir gyvulių augimas, gerinama jų kokybė: apšvitintos sėklos greičiau sudygsta, vynuogės sukaupia daugiau cukraus ir pan. Archeologams šie spinduliai padeda apskaičiuoti senovinių organinės kilmės daiktų (pavyzdžiui, Egipto mumijų) amžių.

6.6. Branduolinė energija

Branduolių dalijimasis

Vokiečių mokslininkai O t a s H a n a s (*Otto Hahn*, 1879—1968) ir F r i c a s Š t r a s m a n a s (*Fritz Strassman*, 1902—1980) 1938 m. pastebėjo, kad, apšaudomi neutronais, urano branduoliai skyla į dvi apylyges dalis — bránduolio skevéldras, be to, dar išmetami 2—3 neutronai. Šis reiškinys buvo pavadintas **bránduolio dalìjimusi**. 6.17 paveiksle schemiškai pavaizduotas urano branduolio dalijimasis: neutronas, pataikęs į urano $^{235}_{92}U$ branduolį, padalija jį į stroncio $^{90}_{38}Sr$ ir ksenono $^{144}_{54}Xe$ branduolius, be to, dar išlekia 2 nauji neutronai. Taigi bendras protonų ir neutronų skaičius, vykstant skilimui, nepakinta. Toks dėsningumas galioja ir kitiems branduolių skilimams.



6.17 pav.

Dalijantis branduoliams, išsiskiria milžiniškas kiekis energijos, vadinamos **branduolinė**. Iš kur ji randasi? Patyrimas rodo, kad nejudančių dalijimosi produktų masė (rimties masė) yra mažesnė už pradinių produktų rimties masę. Vadinasi, išsiskyrusi energija susijusi su rimties masės pokyčiu.

XX a. pradžioje garsusis fizikas Albertas Einšteinas atrado tokį masės ir energijos sąryšį:

$$E = mc^2.$$

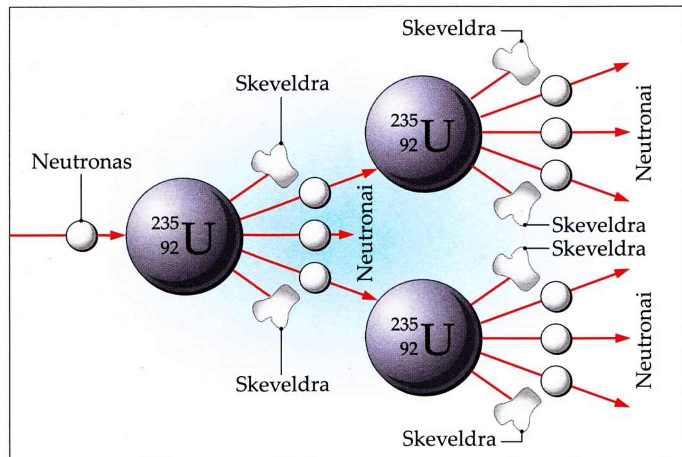
Šioje Einšteino formulėje šviesos greičio c kvadratas yra labai didelis skaičius, todėl su mažais reakcijoje dalyvaujančių elementų masės pokyčiais Δm susiję dideli energijos pokyčiai ΔE:

$$\frac{\Delta E}{\Delta m} = c^2.$$

Pavyzdys. Dalijantis 1 kg urano, susidaro produktai, kurių rimties masė lygi 999 g. Masė sumažėja 1 g, nes išspinduliuojama energija („išnešama" masė).

Grandininė branduolinė reakcija

Iš besidalijančio urano branduolio ar jo skeveldrų išlėkę neutronai (antriniai neutronai) gali sukelti vis naujų branduolių dalijimąsi. Tokia savaime



6.18 pav.

stiprėjanti reakcija vadinama **grandininè branduolinè reãkcija** (6.18 pav.). Ją sukeliančios dalelės (neutronai) yra jos pačios produktai. Jei tokia reakcija sužadinama tam tikros (kritinės masės) ar didesnės masės urano ar plutonio gabale, staiga išsiskiria milžiniška energija — įvyksta branduolinis sprogimas. Tokiu pat principu sprogsta atominės bombos.

Tačiau grandininę reakciją gali sukelti ne bet kokie branduoliai. Iš visų gamtoje egzistuojančių elementų branduolių tinka tik urano $^{235}_{92}U$ ir plutonio $^{239}_{94}Pn$ izotopai.

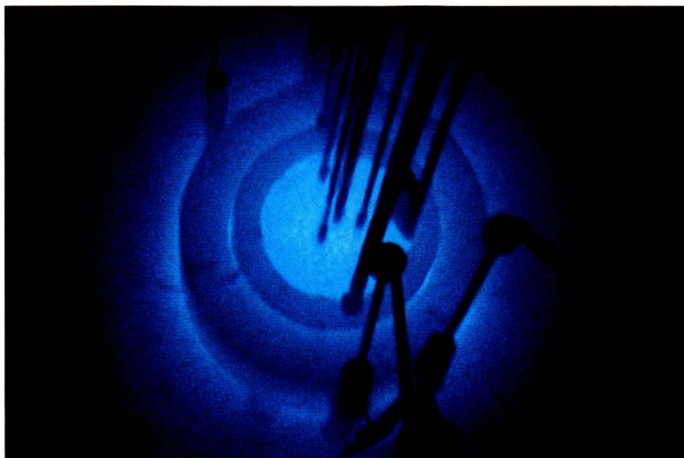
Branduolinis reaktorius

Norint panaudoti branduolinę energiją (branduolių dalijimosi energiją) ūkio tikslams, reikia ne tik sukelti grandininę reakciją, bet ir ją valdyti — pagreitinti arba sulėtinti. Tai daroma įrenginiuose, vadinamuose **branduoliniais reãktoriais**. Jie gali būti įvairios konstrukcijos (6.19 ir 6.20 pav.), tačiau visi turi tuos pačius pagrindinius elementus:

- branduolìnio kùro strypùs, sudarytus iš galinčių skilti elementų $^{235}_{92}U$, $^{233}_{92}U$, $^{239}_{94}Pn$ ir neskylančio $^{238}_{92}U$ mišinio;
- neutrònų lėtìklį — sunkųjį arba paprastą vandenį, grafitą; jis reikalingas branduolinių skilimų metu atsirandantiems greitiesiems neutronams lėtinti, kad jie galėtų skaldyti uraną $^{235}_{92}U$;

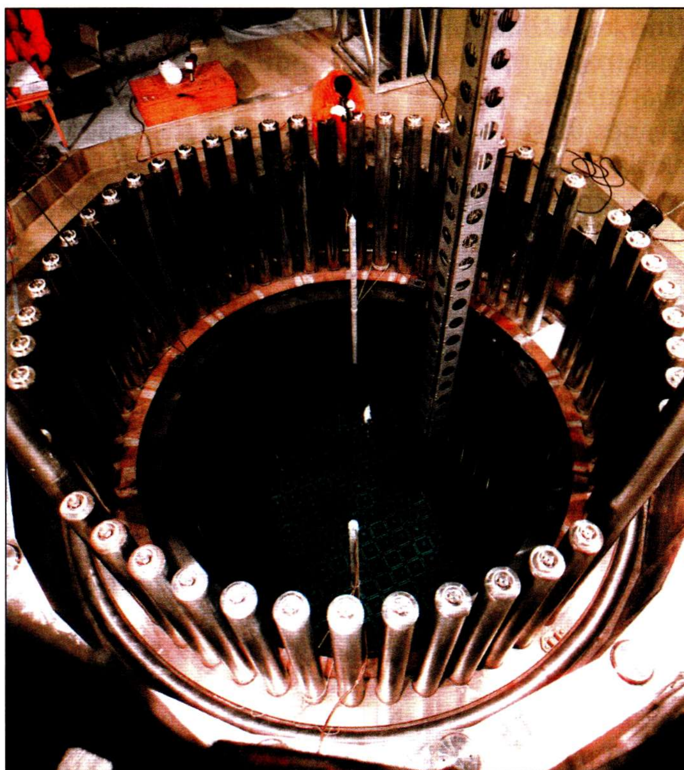
Tai įdomu !

- *Dalijantis urano branduoliams, išsiskiria 3 milijonus kartų daugiau energijos negu sudeginus tiek pat akmens anglių.*
- *Kritine mase vadinama mažiausia skylančios radioaktyviosios medžiagos masė, kuriai esant dar gali vykti grandininė dalijimosi reakcija.*
- *Pirmąją grandininę urano dalijimosi reakciją 1942 m. įvykdė JAV mokslininkų kolektyvas, vadovaujamas Enriko Fermio* (Enrico Fermi, *1901—1954). Šis fizikas prisidėjo ir prie pirmosios atominės bombos kūrimo.*
- *Pirmoji atominė bomba buvo susprogdinta 1945 m. liepos 16 d. JAV dykumoje esančiame Alamogòrdo raketų poligone.*

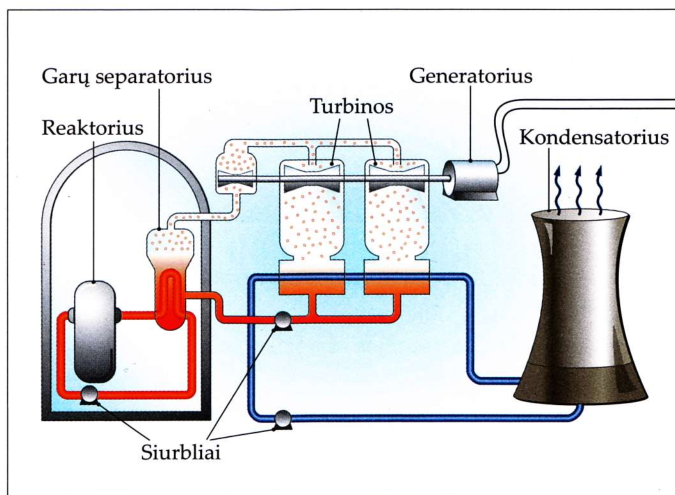


6.19 pav.

6.20 pav.



• neutrònų reflèktorių (lot. *reflecto* — atspindžiu), aplink branduolinio kuro strypus įtaisytą įrenginį (dažniausiai grafito plokštes), trukdantį neutronams išlėkti iš reaktoriaus;



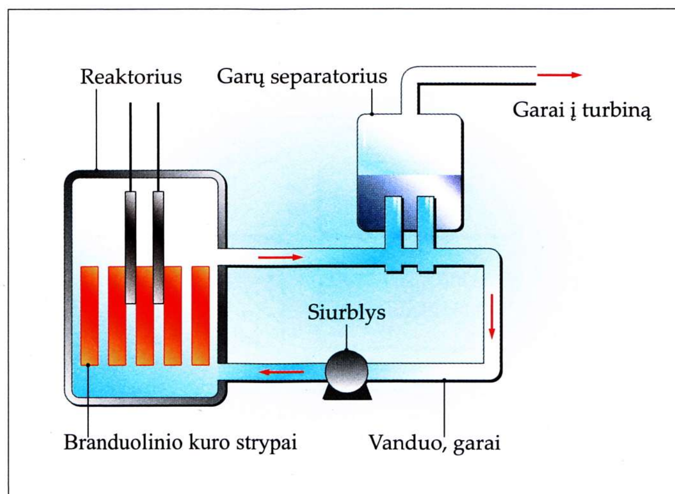
6.21 pav.

• reãkcijos greĩčio reguliãtorių — neutronus sugeriančius kadmio arba boro strypus (ištraukiant arba giliau įleidžiant šiuos strypus, galima reguliuoti dalijimosi reakcijų skaičių).

Grandininių branduolinių reakcijų metu išsiskyrusi energija virsta šilumine energija, kuri naudojama vėsinimo sistemos vandeniui — šilùmnešiui — kaitinti. Pavirtęs garais, jis suka garo turbiną, o ši — elektros energiją gaminantį generatorių.

Atominės elektrinės principinė schema parodyta 6.21 paveiksle.

6.22 pav.



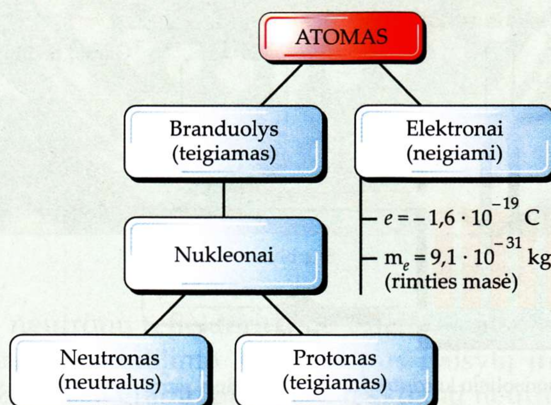
Tai įdomu !

• 1983 m. prie Drūkšių ežero pradėjo veikti galingiausias tuo metu pasaulyje (1500 MW galios) Ignalinos atominės elektrinės branduolinis reaktorius. Jis sumontuotas betoninėje šachtoje. Svarbiausia reaktoriaus dalis, vadinama aktyviąja zona, sudaryta iš vertikalaus ritinio formos grafitinio klojinio, kuriame yra 1661 cirkonio lydinio technologinis vamzdis. Į juos įleidžiami kuro elementai — 13,5 mm skersmens vamzdeliai su urano oksido miltelių kuro tabletėmis. Vykstant reakcijai, temperatūra kuro elemento centre pakyla iki 1800 °C. Technologiniais vamzdžiais tekantis vanduo įkaista ir susidaro 285 °C vandens ir garų mišinys, iš kurio vėliau išskiriami garai. Gauti 6 MPa slėgio garai suka dvi 750 MW galios turbinas, o šios — elektros generatorius.

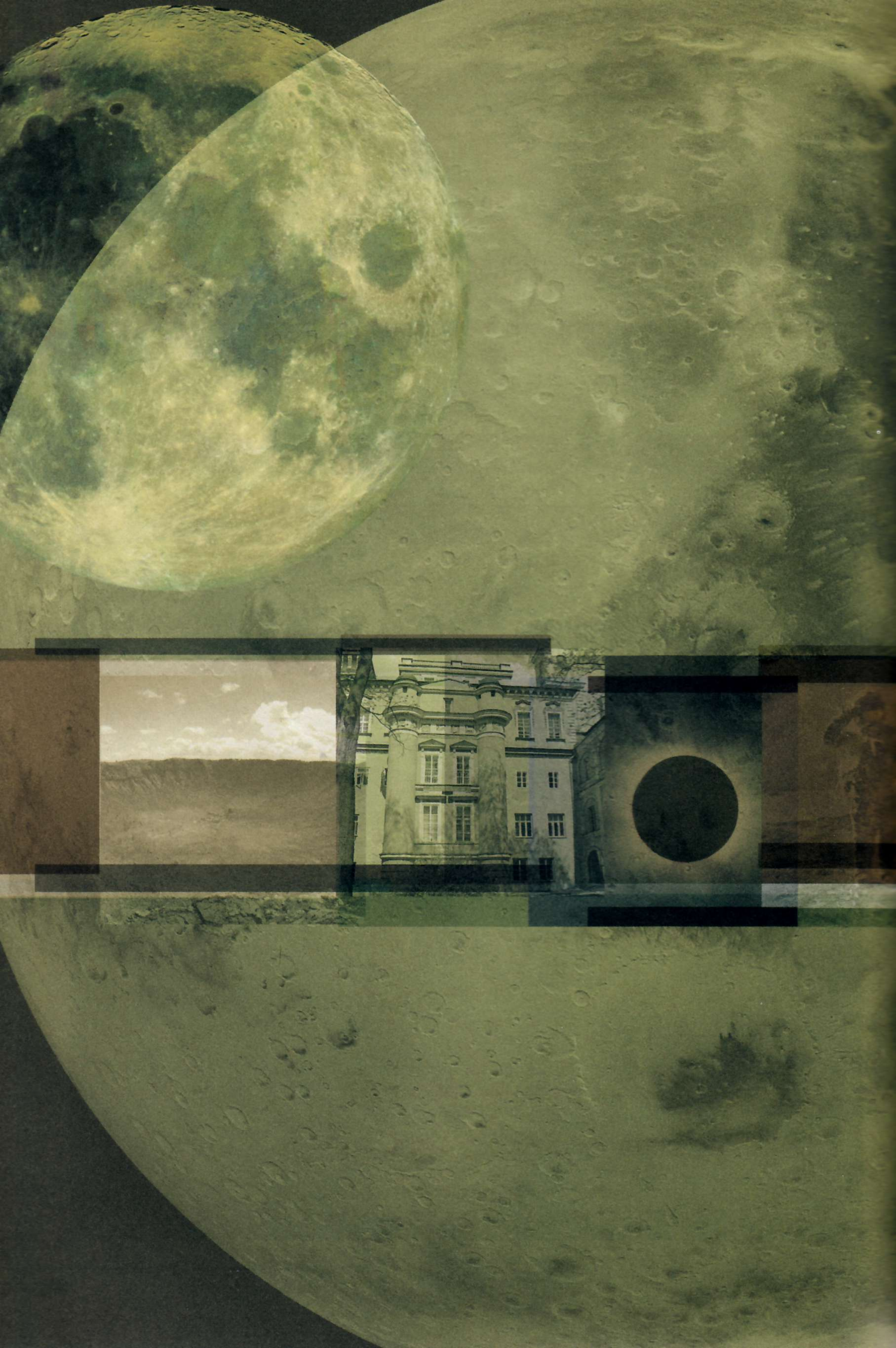
Po Černobylio avarijos Ignalinos atominės elektrinės galia buvo sumažinta iki 2300 MW.

Šios elektrinės principinė schema parodyta 6.22 paveiksle.

Skyriaus „Atomo sandara" santrauka

Požiūris į šviesos prigimtį	Banginė teorija teigia, kad šviesa yra elektromagnetinės bangos. Pasak korpuskulinės teorijos, šviesa yra šaltinio skleidžiamos labai mažos materialiosios dalelės — korpuskulės. Šiuolaikinė šviesos teorija teigia, kad šviesai būdingos ir dalelių, ir bangų savybės.
Fotono energija $E = h\nu$, $E = \frac{hc}{\lambda}$ Planko konstanta $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J · s	Atomai ir molekulės spinduliuoja šviesą ne ištisiniu srautu, o porcijomis — kvantais. Šviesos kvantai vadinami fotonais.
Fotoefektas	Elektronų išplėšimas iš medžiagos, veikiamos šviesa, vadinamas fotoefektu.
Einšteino fotoefekto lygtis $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$	Į metalą krintančio fotono energija lygi elektrono išlaisvinimo iš metalo darbo ir jo įgytos kinetinės energijos sumai.
Planetinis atomo modelis	

Cheminio elemento žymėjimas $^{A}_{Z}X$	X — cheminio elemento simbolis, *Z* — atominis skaičius, arba elemento eilės numeris, arba neutralaus atomo elektronų skaičius, arba protonų skaičius branduolyje, *A* — masės skaičius, rodantis, kiek nukleonų yra branduolyje: $A = Z + N$ (*N* — neutronų skaičius).	
Radioaktyvumas	Radioaktyvumu vadinama medžiagos savybė savaime, be išorinių veiksnių įtakos, skleisti α, β ir γ spinduliuotę, kuri laisvai pereina neskaidrius kūnus.	
α spinduliuotė	**β spinduliuotė**	**γ spinduliuotė**
Helio atomų branduoliai $^{4}_{2}He$	Elektronai $^{0}_{-1}e$	Trumpos elektromagnetinės bangos
Skvarba ore		
iki 10 cm	keletas metrų	daug metrų
Nuo šios spinduliuotės saugo		
popieriaus lapas drabužiai	aliuminio plokštelė namų sienos	storas švino sluoksnis kelių metrų storio betono sluoksnis
	Radioaktyviosios spinduliuotės stebėjimo prietaisai: • Geigerio ir Miulerio skaitiklis; • Vilsono kamera; • storasluoksnės fotoemulsijos.	
Grandininė branduolinė reakcija	Savaiminė branduolių dalijimosi reakcija vadinama grandinine branduoline reakcija.	
Branduolinis reaktorius	Tai įrenginys, kuriame vyksta valdoma grandininė branduolinė reakcija. Pagrindiniai jo elementai yra: • branduolinis kuras; • neutronų lėtiklis; • neutronų reflektorius; • reakcijos greičio reguliatorius.	



7 Astronomijos pradmenys

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- Saulės sistema;
- regimuoju dangaus kūnų judėjimu;
- žvaigždėmis;
- Paukščių Taku;
- galaktikomis;
- Visata.

7.1. Astronomijos samprata

Du dalykai prigirdo sielą vis naujo ir vis stiprėjančio susižavėjimo bei giliausio pagarbumo, kuo dažniau ir ilgiau apie juos susimąstome, — žvaigždėtas dangus virš manęs ir moralės dėsnis manyje.

Imanuelis Kantas.
Praktinio proto kritika

Su astronomijos elementais teko jau ne kartą susidurti per įvairių dalykų pamokas. Daug ką žinote apie Saulę, Mėnulį ir kitus dangaus kūnus. Šią pažintį tęsime primindami, kad **mokslas apie dangaus kūnus vadinamas astronòmija** (gr. *astron* — žvaigždė + *nomos* — dėsnis). Tiriant dangaus kūnus, išsiaiškinama jų sandara, kilmė, raida, padėtis erdvėje, taip pat judėjimas. Astronomija glaudžiai siejasi su praktiniais žmonijos poreikiais. Ji padeda nustatyti tikslų laiką, įvairių Žemės vietų geografines koordinates (tai ypač svarbu jūrininkams, aviatoriams, geodezininkams) ir t. t.

Astronomijos raida

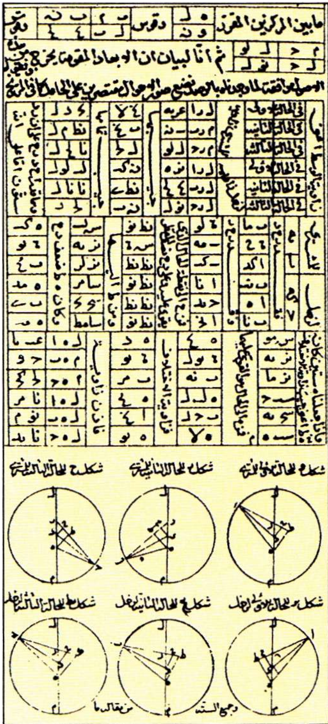
Dangaus šviesulius žmonės ėmė stebėti dar žiloje senovėje. Pagal jų padėtį ir judėjimą danguje orientavosi medžiodami ar keliaudami. Žvaigždės rodydavo kelią jūrų laivams ir dykumų karavanams. Sekdami Mėnulio fazes, senovės medžiotojai ir žvejai išmoko matuoti laiką. Jie pažino žvaigždes pagal jų išsidėstymą danguje, suskirstė jas į žvaigždynus, bandė suprasti ir paaiškinti dangaus reiškinius. Tai liudija įvairios pasakos, legendos, mitai, archeologiniai radiniai ir pan.

Seniausių astronomijos žinių yra išlikusių egiptiečių, babiloniečių, finikiečių, kinų ir majų rašytiniuose šaltiniuose (3000 m. pr. Kr.). Apie 4000 m. pr. Kr. egiptiečiai sudarė Saulės kalendorių (lot. *Calendae, Kalendae* — senovės Romos kalendoriaus pirmosios mėnesio dienos pavadinimas), gana tiksliai

nustatė metų trukmę. Babilonijoje jau 721 m. pr. Kr. aprašytas Mėnulio užtemimas. Iš Babilonijos net į mūsų laikus atklydo paros dalijimas į 24 valandas.

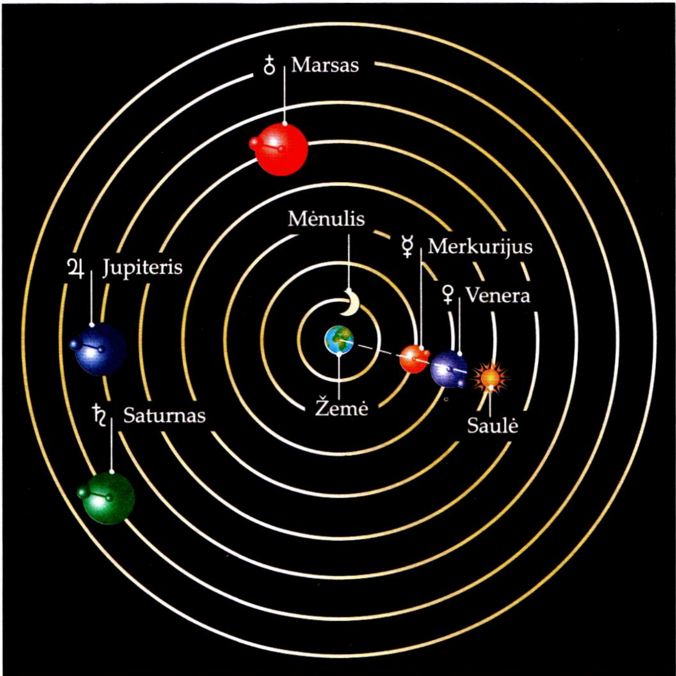
I tūkstantmetyje pr. Kr., prie Viduržemio jūros susikūrus graikų valstybėms, plečiantis jūreivystei, astronomijos raida paspartėjo. VI a. pr. Kr. graikų filosofas ir matematikas Pitagoras (*Pythagoras*) patobulino Talio (*Thales*) pasaulėvaizdį apie plokščią Žemę, apgaubtą žvaigždėto dangaus. Anot Pitagoro, Žemė yra rutulys, laisvai judantis erdvėje; aplink Žemę skrieja Saulė, Mėnulis, žvaigždės ir planetos.

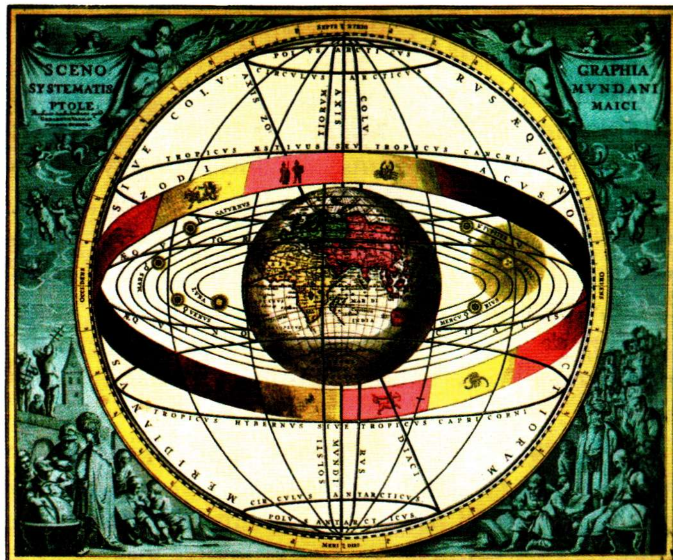
Apie 140 m. graikų mokslininkas Klaudijas Ptolemajas (*Claudius Ptolemaios*, 90—168) parašė veikalą „Didžioji astronomijos sandara" (arabiškai „Almagestas"), mūsų laikus pasiekusį lotynišku jo vertimu (7.1 pav.). Jame Ptolemajas apibendrino senojo pasaulio astronomijos žinias, pateikė **geocentrìnį** (gr. *gè* — žemė + lot. *centrum* — vidurys) pasaulio sistemos **mòdelį**, pagal kurį Visatos centras yra nejudanti Žemė (7.2 pav.). Šio modelio buvo laikomasi net iki XVI a. vidurio (7.3 pav.).



7.1 pav.

7.2 pav.





7.3 pav.

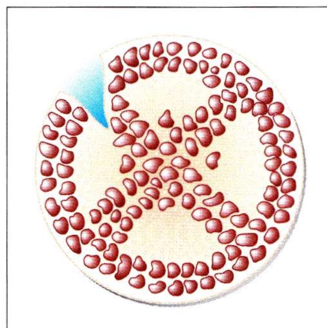
Įvairiose pasaulio šalyse (Aĩrijoje, Ánglijoje, Mèksikoje ir kitur) rasta prieš tūkstančius metų statytų **observatòrijų** (lot. *observator* — stebėtojas), t. y. specialiai įrengtų įstaigų dangaus kūnams stebėti, liekanų. Dažniausiai tai būdavo megalìtai (gr. *megos* — didelis + *lithos* — akmuo) — dideli akmeniniai blokai Saulės, Mėnulio ir šviesiausių žvaigždžių tekėjimo ir leidimosi taškams žymėti.

Astronomijos raidą labai paspartino teleskopo išradimas 1609 m. Galilėjas Galilėjus, savo darbo teleskopu stebėdamas Saulę, Mėnulį, Venerą, Jupiterį ir kitus dangaus kūnus, atrado Mėnulio kalnus, keturis Jupiterio palydovus, Saulės dėmes ir įrodė, kad Paukščių Taką sudaro atskiros žvaigždės. Kristianas Heigensas (*Christiann Huygens*) atrado Saturno žiedus ir palydovą (1665 m.), Izaokas Niutonas (*Isaac Newton*) suformulavo visuotinės traukos dėsnį (1687 m.), Michailas Lomonosovas aptiko, kad Venera turi atmosferą, Viljamas Heršelis atrado Urano planetą (1781 m.) ir t. t.

XIX ir XX a. astronomija vis plačiau naudojosi fizikos metodais dangaus objektams tirti. Šiuolaikinės observatorijos jau yra stambūs moksliniai centrai, aprūpinti modernia aparatūra.

Astronomijos mokslui sparčiai žengti į priekį atvėrė galimybes kosminiai skrydžiai ir automatinės tarpplanetinės stotys. Teleskopai buvo iškelti į kosmosą, o erdvėlaiviai tiesiogiai tyrė Saulės sistemą. Ypač daug informacijos buvo gauta iš „Voyager 1", „Voyager 2" ir kitų vėliau paleistų erdvėlaivių.

Astronomija Lietuvoje



7.4 pav.

Archeologiniai, etnografiniai ir lingvistiniai šaltiniai liudija, kad lietuviai jau žiloje senovėje domėjosi dangaus kūnais, o sukauptas žinias apie juos perduodavo iš kartos į kartą. Senovės lietuvių rašytiniai šaltiniai byloja apie dangaus kūnų kultą. Atrodo, anksčiausiai pradėta garbinti Saulė, teikianti gyvybės žemei, augmenijai ir gyvūnijai. Juodkrantėje rasta naujojo akmens amžiaus (neolito) laikotarpio Saulės atvaizdų. Tai diskai su jų viduryje įrašytu kryžiuku (7.4 pav.).

Lietuvių domėjimąsi dangumi atspindi ir originalūs kai kurių dangaus kūnų pavadinimai: Aušrìnė, Vakarìnė, Grį̃žulo Rãtai, Šienpjoviaĩ, Daržẽlis ir t. t. Dangaus vinimi kai kur buvo vadinama Šiaurìnė žvaigždė, mat ji lyg įkalta vinis nuolat yra toje pačioje vietoje.

Lietuvos mokyklose astronomijos pradėta mokyti XVI a., dar iki Vilniaus universiteto įkūrimo (1579 m.). Tuo tarpu XVII a. pradžioje universitete ji jau dėstoma reguliariai. Astronomijos žinių galima aptikti Vilniaus universiteto absolvento Jono Rudaminos Dusetiškio disertacijoje, išspausdintoje 1633 m. Vien tik astronomijai skirta 1639 m. išleista Alberto Diblinskio disertacija „Astronominė šimtinė" (lot. „Centuria Astronomica").

1753 m. pagal Tomo Žebrausko parengtą projektą buvo pastatyta Vilniaus universiteto astronomijos observatorija, kuri ypač suklestėjo ir išgarsėjo pasaulyje, kai jai 1764—1806 m. vadovavo Martynas Počobutas (7.5 paveiksle parodyta, kaip ji atrodo šiandien). 1868 m. observatorijoje buvo suorganizuota pirmoji pasaulyje nuolatinė Saulės dėmių dinamikos fotografinė tarnyba. 1881 m. rusų



7.5 pav.

caro valdžiai uždarius Vilniaus universiteto observatoriją, astronomijos mokslas Lietuvoje apmirė.

Vėliau jis atgijo tik Nepriklausomoje Lietuvoje, 1922 m. Kaune įsteigus Vytauto Didžiojo universitetą. Čia, Gamtos-matematikos fakultete, buvo įkurta Astronomijos katedra ir observatorija. Joms vadovavo docentas, vėliau profesorius Bernardas Kodatis (1879—1957).

Atgavus Vilnių, 1939 m. čia iš Kauno persikėlė Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos-matematikos, Teisės ir Humanitarinių mokslų fakultetai, o kartu ir astronomijos observatorija. Karo metais ji smarkiai nukentėjo: pastatai buvo apgriauti, astronomai išblaškyti po pasaulį. Po karo, jau 1947 m., pradėti fotografuoti asteroidai, 1954 m. imta tirti kintamąsias žvaigždes, 1959 m. — tarpžvaigždinę medžiagą ir Galaktikos sandarą. 1962 m. pasirodė teoriniai darbai, susiję su fotometrija. Jie buvo apvainikuoti

nauju efektyviu metodu — Vilniaus astrofotometrine sistema.

Molėtų rajone, ant Kaldinių kalvos, 1969 m. pradėta statyti Lietuvos mokslų akademijos observatorija. Ją užbaigus, atsivėrė naujos perspektyvos astronomijos plėtotei Lietuvoje. Astronomų grupės dirba Vilniaus universitete, Vilniaus pedagoginiame universitete, Teorinės fizikos ir astronomijos bei Fizikos institutuose. 1996 m. įkurta Lietuvos astronomų sąjunga. Šiandien galime džiaugtis naujos astronomų kartos, visų pirma jos atstovo Vytauto Straižio, darbais. Vis dėlto derėtų nepamiršti ir kitų astronomijai Lietuvoje nusipelniusių žmonių: Pauliaus Slavėno (1901—1991), Antano Juškos (1902—1985) ir t. t.

7.2. Saulės sistema

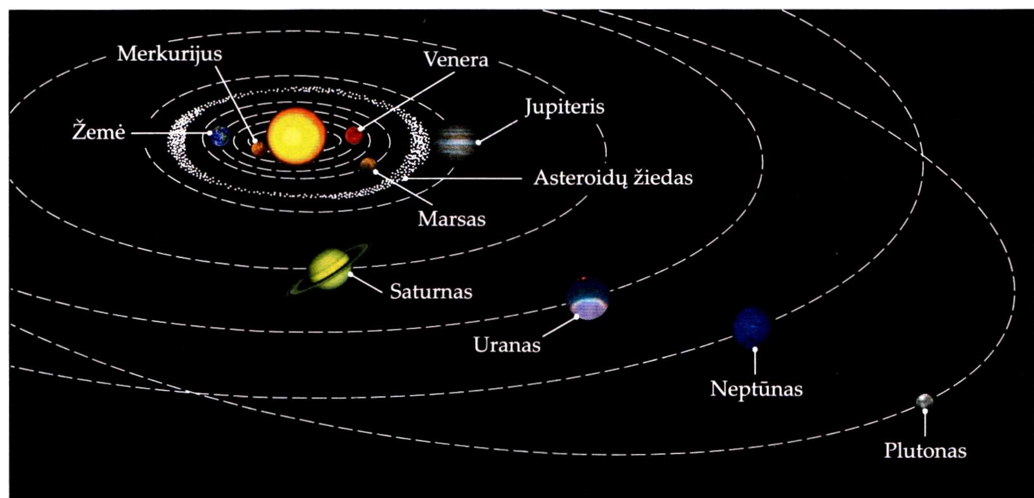
Planetos

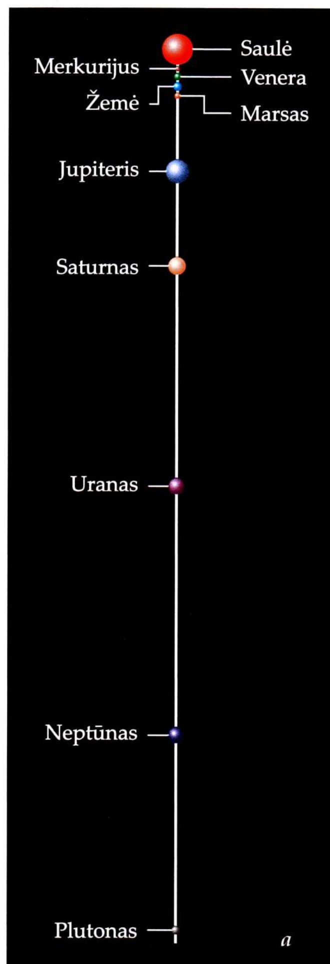
Žiūrėdami naktį į giedrą dangų, matome daugybę viena kitos atžvilgiu nejudančių žvaigždžių. Tačiau jeigu būsime atkaklūs (dangų stebėsime keletą ar net keliolika naktų), tarp žvaigždžių galime išvysti ir keletą nuolat klajojančių šviesulių — **planėtų**

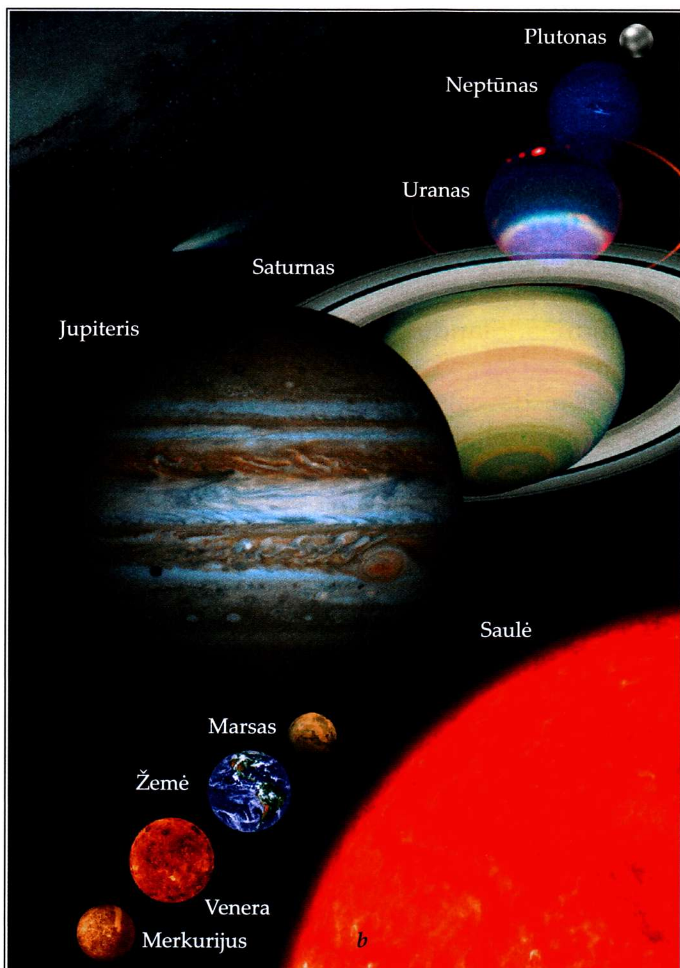
Tai įdomu !

• *Nustatyta, kad Saulės sistema susidarė prieš 4,7 mlrd. m. Kai Saulė sulauks 8 mlrd. m. amžiaus, jos branduolio vandenilis išsieikvos ir Saulė pradės plėstis. Jos viduje atsidūręs Merkurijus bus sunaikintas. Saulės skersmeniui 150 kartų viršijus dabartinį, Žemėje jos skritulys užims beveik pusę dangaus.*

7.6 pav.







7.7 pav.

(gr. *planetes* — klaidžiojanti žvaigždė). Kadangi planetos pačios nespinduliuoja, tai mus pasiekia jų atspindėta saulės šviesa.

Planetos juda ne aplink Žemę, kaip manė Ptolemajas, o aplink Saulę, todėl tokia jų sistema vadinama **heliocentrinė** (gr. *hēlios* — Saulė + *centrum* — vidurys). Šį teiginį pirmasis įrodė lenkų mokslininkas M i k a l o j u s K o p e r n i k a s.

Planetos skrieja aplink Saulę tokia tvarka: **Merkùrijus, Venerà, Žẽmė, Mársas, Jupìteris, Satùrnas, Urãnas, Neptū̃nas, Plutònas** (7.6 pav.).

Planetų ir Saulės matmenys bei atstumai tarp jų pasirinktu masteliu palyginti 7.7 paveiksle.

Saulė

Centrinis ir didžiausias Saulės sistemos kūnas yra Sáulė. Matuojant kosminiais mastais, tai palyginti netoli Žemės esanti žvaigždė. Bendrieji jos duomenys pateikti lentelėje.

Bendrieji Saulės duomenys

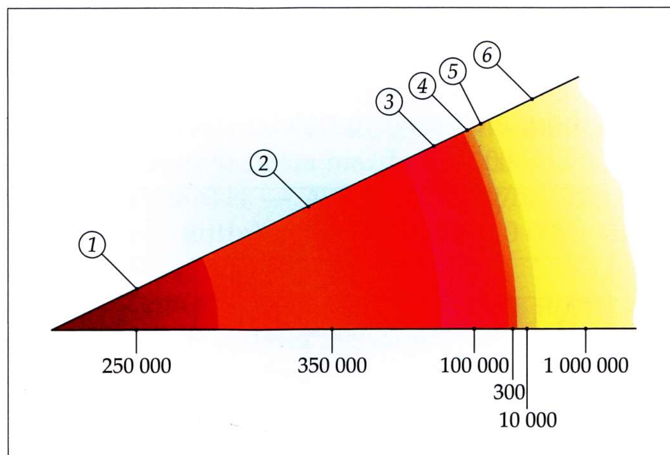
Duomuo	Skaitinė jo vertė
Saulės masė[1]	$1{,}989 \cdot 10^{30}$ kg
Vidutinis tankis[2]	1409 kg/m^3
Laisvojo kritimo pagreitis prie Saulės paviršiaus[3]	273,98 m/s^2
Vidutinis nuotolis nuo Žemės	150 000 000 km
Paviršiaus temperatūra	5800 °C

[1]Ji apie 333 000 kartų didesnė už Žemės masę, sudaro 99,86 % Saulės sistemos masės.
[2]Jis sudaro apie 0,26 Žemės tankio.
[3]Jis 27,9 karto didesnis negu prie Žemės paviršiaus.

Saulė yra įkaitęs dujų rutulys, sudarytas iš 74,7 % vandenilio, 23,7 % helio ir 1,6 % sunkesnių už helį cheminių elementų. Jos sandarą galima pavaizduoti 7.8 paveiksle parodytu modeliu.

Saulės centre yra branduolys *1*, kurio temperatūra siekia 15 mln. °C. Čia vyksta branduolinės reak-

7.8 pav.





MIKALOJUS KOPERNIKAS (*Nicolas Copernicus*, 1473—1543) — lenkų astronomas, matematikas ir ekonomistas. Jo trisdešimties metų darbo rezultatas buvo 1543 m. išleista knyga „Apie dangaus sferų sukimąsi", kurioje pagrįsta heliocentrinė pasaulio sistema. Pagal ją Žemė ir kitos planetos skrieja aplink Saulę, o jas gaubia nejudančių žvaigždžių sfera.

Tai įdomu !

- *Saulės astronominis simbolis ⊙.*
- *Saulės branduolio medžiagos tankis lygus 160 000 kg/m^3 (palyginkite su platinos tankiu, kuris lygus 21 500 kg/m^3), o paviršiaus — 10^{-4}—10^{-5} kg/m^3, t. y. 10^4—10^5 kartų mažesnis už atmosferos tankį prie Žemės paviršiaus.*
- *Pati didžiausia Saulės dėmė stebėta 1947 m. balandžio 8 d. Jos ilgis 300 000 km, plotis 145 000 km, o plotas 18 mlrd. km^2 (Žemės paviršiaus plotas 510200000 km^2).*
- *Per savo gyvenimą Saulė jau apie 20 kartų apskriejo aplink Galaktikos centrą. Šiuo metu ji skrieja galaktine orbita Gulbės žvaigždyno kryptimi 220 km/s greičiu.*

Tai įdomu !

- *Per metus Saulė išgarina Žemėje daugiau kaip 500 000 km³ vandens (palyginkite su Baltijos jūros tūriu, kuris lygus 22 000 km³).*
- *Lietuvių tautosakoje Saulė sužmoginama ir vadinama motule. Manyta, kad Saulė globoja našlaičius, piemenėlius, atneša žmonėms ir gyvūnams gyvybę. Saulės kulto liekanų dar yra Joninių, Kalėdų ir kitų švenčių apeigose. Saulės kultas ypač ryškus lietuviškų kryžių puošyboje.*
- *Romėnai planetas siejo su dievais ir jų vardais vadino savaitės dienas: Marso diena — antradienį, Merkurijaus — trečiadienį, Jupiterio — ketvirtadienį, Veneros — penktadienį, Saturno — šeštadienį. Sekmadienis buvo pavadintas Saulės diena, o pirmadienis — Mėnulio diena.*
- *Dauguma Vakarų Europos kalbų ir dabar savaitės dienas sieja su šiais vardais. Pavyzdžiui, pirmadienis vokiškai yra Montag, prancūziškai — Lundi, angliškai — Monday. Pažodinė visų šių žodžių reikšmė yra Mėnulio diena.*

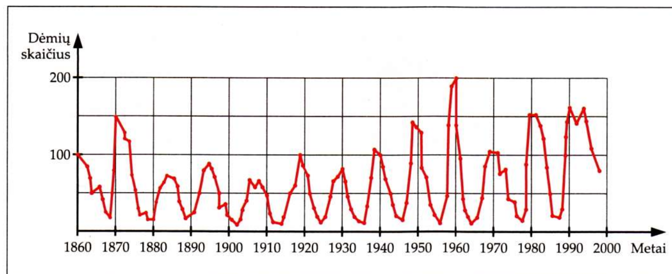
cijos. Jų metu vandenilis virsta heliu, išskirdamas milžinišką kiekį energijos. Dėl to centrinėje dalyje helio daugėja, o vandenilio — mažėja (kas sekundę sumažėja 564 mln. t). Šis procesas vyksta jau beveik 6 mlrd. metų, tačiau iki šiol išeikvota tik menka dalis Saulės vandenilio. Jo dar turėtų užtekti maždaug 5 mlrd. metų. Žemė gauna tik vieną dvimilijardąją Saulės išspinduliuotos energijos.

Saulės gelmėse atsiradęs energijos srautas perduodamas į tolesnius sluoksnius. Vienas iš jų, supantis branduolį, yra spinduliãvimo slúoksnis *2*. Juo energija pernešama į išorę spinduliais. Virš to sluoksnio yra konvèkcijos slúoksnis *3*. Čia temperatūra sparčiai krinta, todėl medžiaga maišosi (vyksta konvekcija). Tuoj virš konvekcijos sluoksnio prasideda Saulės atmosferà. Ją sudaro fotosferà *4* (gr. *phos* (kilm. *photos*) — šviesa + *sphaira* — rutulys), chromosferà (gr. *chroma* — spalva + *sphaira* — rutulys) ir vainìkas *6*.

Pro teleskopą fotosferoje galima įžiūrėti ryškius „grūdelius" — karštas granules, kurias vieną nuo kitos skiria vėsesni tarpai (dėl to, kad jų temperatūra yra žemesnė, jie atrodo tamsesni). Kartkartėmis tie tamsūs tarpai ima didėti — susidaro tamsios dėmės, kurių temperatūra apie 1500 °C žemesnė negu gretimų fotosferos sričių. Saulės dėmių skersmuo siekia nuo 700 km iki 15 000 km, kartais ir daugiau. Pirmąsias Saulės dėmes pro teleskopą aptiko Galilėjas Galilėjus. Kas 11 metų dėmių ypač padaugėja (7.9 pav.).

Chromosferą sudarančios dujos yra daug retesnės negu fotosferoje, tačiau jų temperatūra gerokai aukštesnė. Chromosfera nuolat kinta, joje dažnai vyksta dujų, elektringųjų dalelių proveržiai.

7.9 pav.



Virš chromosferos Saulės dujų temperatūra pakyla iki 10^6—$2 \cdot 10^6$ °C ir toliau beveik nekinta. Šis išretėjęs ir karštas apvalkalas vadinamas Saulės vainiku.

Neramus Saulės paviršius veikia viršutinius Žemės atmosferos sluoksnius: sustiprėja Žemės elektrinis laukas, pakinta jos magnetinis laukas. Šie pokyčiai daro įtaką orams, trumpabangiam radijo ryšiui.

7.3. Merkurijus ir Venera

Mes gėrimės ryte ir vakare
Veneros šypsena giedria.

J. V. Gėtė. Faustas

Planetų grupės

Saulės sistemos planetos skirstomos į dvi grupes:

- **Žẽmės grùpės planetàs**, prie kurių priskiriami Merkurijus, Venera, Žemė ir Marsas;
- **didžiąsias planetàs**: Jupiterį, Saturną, Uraną ir Neptūną.

Tolimiausia ir mažiausia planeta — Plutonas — nepriklauso nė vienai šių grupių.

Svarbiausias požymis, skiriantis vieną grupę nuo kitos, yra cheminė sudėtis. Žemės grupės planetos daugiausia sudarytos iš silikatų ir metalų, o didžiosios planetos — iš lengvųjų dujų (vandenilio, helio) ir trupučio sunkesnių medžiagų. Skiriasi ir tų grupių planetų matmenys bei tankis. Žemės grupės planetų skersmuo siekia maždaug 5000—12 000 km, o vidutinis tankis — 4000—5000 kg/m^3, didžiųjų planetų — atitinkamai 48 000—140 000 km ir 1000—2000 kg/m^3.

Be to, Žemės grupės planetos lėčiau sukasi apie savo ašis, turi nedaug palydovų arba jų visiškai neturi, jas gaubia retesnės atmosferos. Lentelėje pateikiame Žemės grupės planetų bendruosius duomenis.

Tai įdomu !

- *Tarp Saulės ir Žemės esančios planetos (Merkurijus ir Venera) vadinamos vidinėmis, visos kitos (išskyrus Žemę) — išorinėmis.*

Žemės grupės planetų bendrieji duomenys

Bendrieji duomenys	Merkurijus	Venera	Žemė	Marsas
Planetos masė, kg	$3{,}302 \cdot 10^{23}$	$4{,}869 \cdot 10^{24}$	$5{,}974 \cdot 10^{24}$	$6{,}419 \cdot 10^{23}$
Vidutinis tankis, kg/m^3	5430	5240	5520	3910
Pusiaujo spindulys, km	2240	6051	6378	3396
Laisvojo kritimo pagreitis prie paviršiaus, m/s^2	3,63	8,87	9,80665	3,71
Skriejimo orbita vidutinis greitis, km/s	47,9	35	29,8	24,1
Skriejimo aplink Saulę periodas	88 paros	225 paros	365,26 paros	1,8809 m.
Sukimosi apie ašį periodas	58,6 paros	243 paros	23,9345 h	24,62 h
Nuotolis nuo Saulės, mln. km didžiausias mažiausias vidutinis	 69,8 46,0 57,9	 108,9 107,5 108,2	 152,1 147,1 149,6	 249,2 206,6 227,9
Nuotolis nuo Žemės, mln. km didžiausias mažiausias	 222 69,8	 261 38		 401,3 54,5

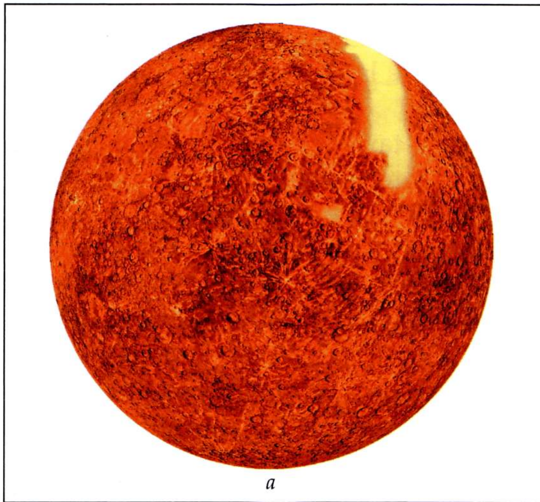
Tai įdomu !

- *Merkurijaus astronominis simbolis ☿. Tai supaprastintas mitologinio dievo Merkurijaus lazdos atvaizdas.*

Merkurijus

Arčiausiai Saulės skriejanti planeta yra Merkurijus (7.10 pav., *a*). Jo vardas siejamas su romėnų prekybos ir keliautojų globėju dievu Merkùrijumi (lot. *Mercurius*), kurį graikai vadino Hèrmiu (gr. *Hermès)*, o lietuviai — Saulės dukra Vaivorà.

1974—1975 m. buvo gautos detalios Merkurijaus nuotraukos, kurias padarė pro Merkurijų tris kartus praskriejusi JAV kosminė stotis „Mariner 10". Ji perdavė į Žemę patikimų duomenų apie Merkurijaus paviršių, atmosferą ir temperatūrą. Merkurijaus paviršius (7.10 pav., *b*) panašus į Mėnulio: labai nelygus, jame gausu įvairaus dydžio (iki 200 km) meteoritų išmuštų kraterių (apvalių daubų), pasitaiko net 4 km aukščio kalnų. Spėjama, kad šios planetos 1800 km spindulio branduolį sudaro geležis ir nike-





7.10 pav.

lis, virš jo yra silikatų mántija (gr. *mantion* — apsiaustas) ir granito bei bazaltų plutà. Prie paviršiaus atmosfera labai reta, sudaryta iš helio, vandenilio, deguonies, neono ir argono.

Apšviestos Merkurijaus pusės temperatūra siekia 290—430 °C (priklauso nuo atstumo iki Saulės), neapšviestos — apie –160 °C. Magnetinis laukas 200—300 kartų silpnesnis už Žemės magnetinį lauką.

Merkurijus palydovų neturi.

Žemėje jis matomas valandą prieš saulėtekį ar po saulės laidos.

Venera

Antroji pagal atstumą nuo Saulės planeta yra Venera (7.11 pav., *a*). Jos vardas siejamas su romėnų grožio ir meilės deive, tapačia senovės graikų Afrodìtei. Lietuviai ją laikė Saulės dukromis Vakarinė ir Aušrinė.

Patikimos informacijos apie Venerą gaunama kosminiais aparatais tik nuo 1962 m.

Venera turi apie 2800 km spindulio skystą branduolį, apie 3200 km storio silikatų mantiją ir apie 16 km storio bazaltų plutą. Veneros paviršius nelygus, nusėtas uolienų luitų, kurių daugelis yra maždaug 1 m skersmens (7.11 pav., *b*.). Yra didelių (net iki 100 km skersmens) vulkaninės kilmės kraterių.

Tai įdomu !

- *Vienas pirmųjų 1753 m. įkurtoje Vilniaus universiteto observatorijoje stebimų objektų buvo Merkurijus. 1786—1787 m. ir 1805 m. Martyno Počobuto gauti Merkurijaus stebėjimo ir matavimo duomenys būdavo siunčiami į Prancūziją Merkurijaus orbitos elementams patikslinti.*
- *Veneros astronominis simbolis ♀, arba rankinio veidrodžio — moteriškumo ypatybių emblemos — atvaizdas.*

Tai įdomu !

- *2004 m. birželio 8 d. Lietuvoje buvo matomas labai retas astronominis reiškinys — Veneros praėjimas pro Saulės diską (tranzitas), kuris truko 6 h 3 min. Veneros tranzitai vyksta poromis periodiškai. Kiti tranzitai bus matomi 2012 ir 2117 m.*
- *Kai kurie Veneros paviršiaus elementai turi ir lietuviškus pavadinimus: Audros lyguma, Auskos (rytmečio aušros deivės) ir Brėkštos (ankstyvo ryto deivės) kalnynai, Birutės, Gražinos ir Danutės krateriai, Jūratės kalvos ir t. t.*

Aukščiausio kalno aukštis siekia apie 11 km. Kai kur paviršius primena plačias upių vagas. Jas galėjo išgraužti tekanti karšta lava. Venera — sausa ir karšta dykuma.

Jos atmosfera labai tanki, sudaryta iš anglies dioksido (apie 96 %), azoto (apie 3,5 %), vandens garų (apie 0,2 %) ir kt. Planetos paviršiuje atmosferos slėgis net 90 kartų didesnis negu prie Žemės paviršiaus. 45—65 km aukštyje Venerą gaubia du sieros rūgšties lašelių debesų sluoksniai su juos skiriančia lengva miglele. Apatiniame sluoksnyje gali būti ir smulkių sieros kristalėlių. Viršutiniuose sluoksniuose pučia pastovus rytų vėjas, kurio greitis siekia iki 100 km/h.

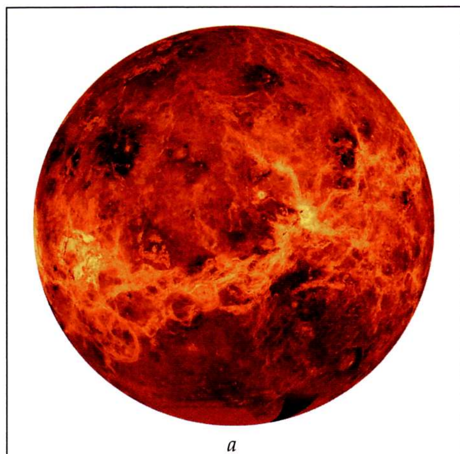
Veneroje ryškus „šiltnamio reiškinys" — atmosfera praleidžia regimuosius Saulės spindulius, planetos paviršius įkaista, tačiau jo siunčiamus infraraudonuosius spindulius sulaiko atmosferos anglies dioksidas. Gyvybės Veneroje nėra.

Veneros sukimosi ašis beveik statmena orbitos plokštumai, todėl Veneroje nesikeičia metų laikai. Saulė teka vakaruose, o leidžiasi rytuose, nes Venera sukasi apie savo ašį priešinga kryptimi negu Žemė ir dauguma kitų planetų. Veneros magnetinis laukas labai silpnas.

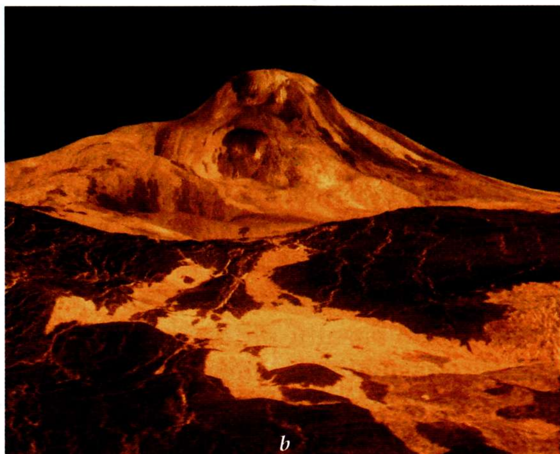
Žemės gyventojams Venera pirmoji sužiba saulėlydžio danguje ir matoma tik kurį laiką po saulėlydžio ir prieš saulėtekį.

Venera palydovų neturi.

7.11 pav.



a



b

7.4. Žemė. Mėnulis

Žinau gerai, pasaulis šis —
Seniai užgesus Saulės dulkė,
Taip greitai sukanti ratus,
Sekundes pinant į metus.
Iš kur joje tokia jėga,
Kodėl lig šiol jinai gyva?

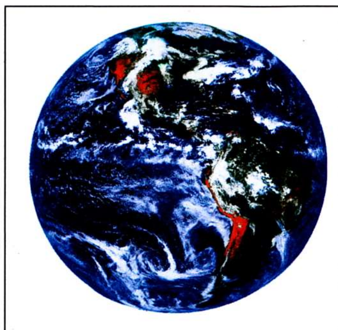
Z. Sviderskienė

Žemė — planeta

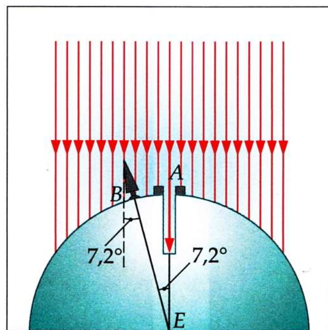
Trečioji pagal atstumą nuo Saulės planeta yra Žemė (7.12 pav.). Tai vienintelė Saulės sistemos planeta, kurioje egzistuoja gyvybė. Apie Žemės sandarą, paviršių ir atmosferą jau daug sužinojote mokydamiesi geografijos, fizikos, chemijos, todėl čia ją, kaip planetą, apibūdinsime glaustai.

Žemės rutulį sudaro keletas koncentrinių sluoksnių. Pačiame centre yra branduolys, dalijamas į vidinį ir išorinį. Vidinis yra kietas, sudarytas daugiausia iš geležies ir nikelio, o išorinis — skystas. Žemės branduolį supa silikatų mantija, slūgsanti po kietu apvalkalu — pluta, kurią sudaro sustingusios lavos produktai (granitai ir bazaltai). Žemės rutulį gaubia dujų apvalkalas, vadinamas atmosfera. Ją sudaro 78 % azoto, 21 % deguonies ir tik truputis kitų dujų. Savo ruožtu atmosfera dalijama į 3 sluoksnius: troposferą, stratosferą ir jonosferą. Žemė turi gana stiprų magnetinį lauką. Žemės sukimosi ašis sudaro su statmeniu skriejimo (orbitos) plokštumai, vadinamai **eklìptika** (gr. *ekleiptike* — užtemimas), 23,5° kampą ir visą laiką nekeičia savo krypties. Aplink Žemę skrieja vienintelis gamtinis jos palydovas Mėnulis ir daugybė dirbtinių palydovų.

7.12 pav.



7.13 pav.



Tai įdomu

- *Žemės astronominis simbolis ♁ arba ⊗.*
- *Anksčiau pateiktas Žemės pusiaujo spindulio ilgis palyginti tiksliai buvo apskaičiuotas dar Antikos laikais. Eratostenas (Eratosthenes, 275—194 pr. Kr.) Žemės matmenis apskaičiavo tokiu būdu. Asuanè (Egìpto pietuose) saulės spinduliai vidudienį krinta į labai gilų šulinį statmenai (7.13 pav.), tuo tarpu Aleksándrijoje (Egipto šiaurėje) jie pasvirę. Spindulių posvyrio kampą Eratostenas išmatavo pagal aukšto obelisko šešėlį. Šis kampas buvo lygus 7,2°. Kadangi į taškus A (Asuane) ir B (Aleksandrijoje) krintantys spinduliai yra beveik lygiagretūs ir Asuanas yra tiksliai į pietus nuo Aleksandrijos, tai ir kampas AEB lygus 7,2°. Bet 7,2° sudaro vieną penkiasdešimtąją 360° dalį (7,2° · 50 = 360°), todėl tokią pat Žemės rutulį juosiančio apskritimo ilgio dalį sudaro ir 800 km ilgio apskritimo lankas, einantis nuo Aleksandrijos iki Asuãno (Eratosteno laikais šis atstumas buvo lygus 5000 graikų stadijų). Tada viso Žemės apskritimo ilgis lygus 800 km · 50 = = 40 000 km, o Žemės spindulys — 6400 km.*

Mėnulis

Gamtinis Žemės palydovas Mėnùlis yra artimiausias mums kosminis kūnas. Kartu tai vienintelis dangaus kūnas, kuriame jau pabuvojo žmonės (7.14 pav.). Pirmieji 1969 m. liepos 21 d. ten nusileido JAV astronautai Nilas Armstrongas (*Neil Armstrong*) ir Edvinas Oldrinas (*Edwin Aldrin*). O iš viso Mėnulį jau yra aplankę 12 astronautų. Į Žemę atgabenta 382 kg Mėnulio grunto pavyzdžių (7.15 pav.).

Lentelėje pateikiame Mėnulio bendruosius duomenis.

Tai įdomu !

- *Mėnulio astronominis simbolis ☾.*
- *Po kelių milijardų metų, baigdama savo amžių, Saulė išsiplės ir dėl to Žemėje smarkiai pakils temperatūra. Užvirs vandenynai, ir Žemė taps panaši į šiandieninę Venerą.*
- *Žemės Šiaurės ašigalis yra 45 m toliau nuo Žemės centro negu Pietų ašigalis.*
- *Iš dirbtinių Žemės palydovų atlikti matavimai parodė, kad kalnų ir duobių yra ir vandenynų paviršiuje. Antai Indijos vandenyne yra beveik 40 m gylio duobė, o pietų Atlante — tokio pat dydžio vandens kalnas.*

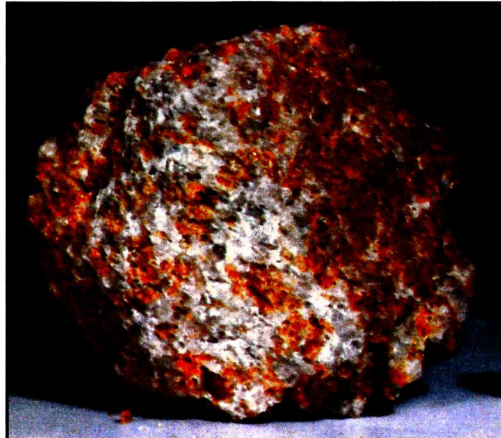
Mėnulio bendrieji duomenys

Duomuo	Skaitinė jo vertė
Mėnulio masė, kg	$7{,}35 \cdot 10^{22}$
Vidutinis tankis, kg/m^3	3340
Pusiaujo spindulys, km	1738
Laisvojo kritimo pagreitis prie paviršiaus, m/s^2	1,623
Skriejimo orbita aplink Žemę vidutinis greitis, km/s	1,023
Skriejimo aplink Žemę periodas, paros	27,3
Sukimosi apie ašį periodas, paros	27,3
Nuotolis nuo Žemės, km didžiausias mažiausias vidutinis	 405 500 363 300 384 400

7.14 pav.



7.15 pav.



Mėnulis sudarytas iš uolienų, o jo paviršius yra kelių dešimčių metrų grūdėtas skeveldrų ir dulkių sluoksnis. Didesnę paviršiaus dalį užima kalnai, kurių aukščiausi siekia net 9 km. Mums atrodančios tamsesnės Mėnulio paviršiaus vietos buvo pavadintos jūromis, nors nieko bendra su Žemės jūromis neturi. Tai lygumos, kuriose nėra nė lašo vandens. Būdamos blogiau apšviestos ir silpniau atspindėdamos saulės šviesą, jos atrodo tamsios (7.16 pav.). Žiūrint pro teleskopą, Mėnulio paviršiuje matyti daugybė kraterių. Jų ypač gausu kalnuotose srityse.

Mėnulio paviršiaus temperatūra svyruoja nuo –170 °C iki 130 °C. Mėnulyje nėra nei oro, nei vandens, taigi nėra ir atmosferos. Kadangi jo skriejimo aplink Žemę periodas (žvaigždinis mėnuo) tiksliai lygus sukimosi apie ašį periodui, Mėnulis į Žemę visada yra atsukęs tą pačią pusę. Pats jis nešviečia, o tik atspindi saulės šviesą.

Mėnulio trauka periodiškai sukelia Žemės vandenynų potvynius ir atoslūgius.

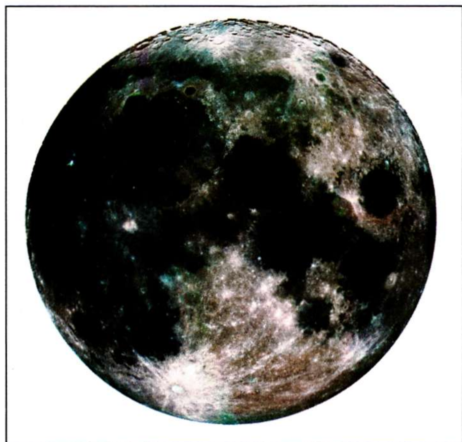
Tai įdomu

- *Spėjama, kad Mėnulio vardas gali būti kilęs iš žodžio* mainulis, *t. y. nuolat besikeičiantis.*
- *Mėnulį nuo seno garbino daugelis tautų, tarp jų ir lietuviai. Nemažai Mėnulio kulto reliktų yra likę lietuvių tautosakoje. Užkalbėjimuose Mėnulis vadinamas dievaičiu, dangaus karalaičiu. Sakmėse jis kartais vaizduojamas kaip Saulės vyras. Beveik visada siejamas su derlingumu, vaisingumu, sveikata.*
- *Trys Mėnulio krateriai pavadinti Vilniaus universiteto observatorijos astronomų Martyno Počobuto, Jono Sniadeckio ir Vladyslavo Dzevulskio vardais.*

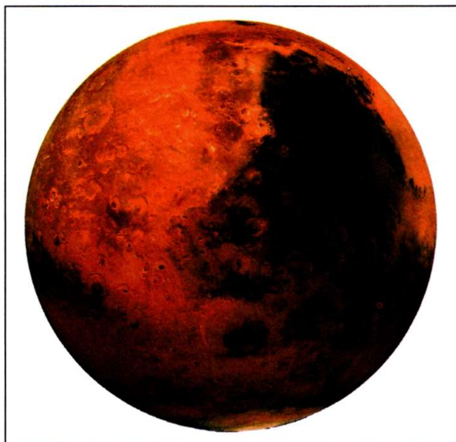
7.5. Marsas

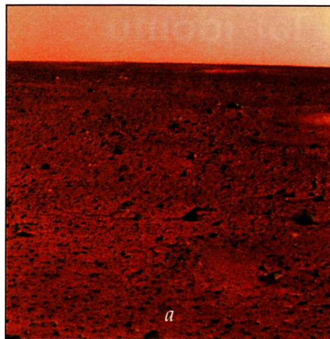
Marsas yra ketvirtoji Saulės sistemos planeta. Tai artimiausia Žemei išorinė planeta. Aukštaičiai ją vadino Saulės dukra Žiezdrė. Rausva, kraują primenanti spalva lėmė jos vardo susiejimą su kruvinuoju karo dievu Marsu (7.17 pav.).

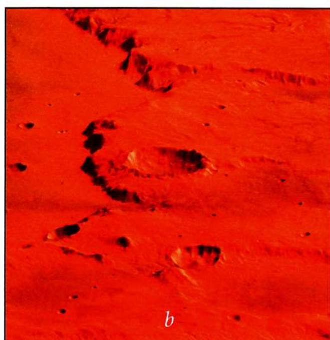
7.16 pav.



7.17 pav.







7.18 pav.

Marso para šiek tiek ilgesnė negu Žemės. Jo ašies pokrypis į orbitos plokštumą panašus į Žemės ašies pokrypį. Taigi Marse keičiasi metų laikai. Kadangi Marsas yra apie 1,52 karto toliau nuo Saulės negu Žemė ir mažesnis jo skriejimo orbita greitis, metai jame yra ilgesni, lygūs apie 1,8809 Žemės metų.

Marsas turi nepaprastai retą atmosferą, kurios slėgis 170 kartų mažesnis už Žemės. Ją sudaro anglies dioksidas (95 %), azotas (2,5 %), argonas (1,5 %), truputis deguonies ir vandens garų. Temperatūra Marse labai svyruoja: ties pusiauju ji būna iki –103 °C naktį ir 17 °C dieną. Tai susiję su reta atmosfera, dėl kurios nėra šiltnamio reiškinio. Vidutinė temperatūra siekia –63 °C. Marso vienetinis paviršius gauna 2,3 karto mažiau Saulės energijos negu Žemė.

Marsui būdingi stiprūs vėjai, sukeliantys dideles smėlio audras. Rausvo smėlio debesys kartais pakyla net į 50 km aukštį. Vasarą vėjų greitis siekia 2—7 m/s, rudenį — 5—10 m/s. Būna uraganų (iki 100 m/s).

Marso paviršius primena Mėnulį (7.18 pav.), tik yra daug įvairesnis: kalnuotas su ryškiais ugnikalnių pėdsakais, jame gausu plutos lūžių, krāterių. Didžiulis 4000 km ilgio, 100 km pločio ir iki 6 km gylio plutos lūžis — Marinerio kanjonas — ištįsęs beveik lygiagrečiai su pusiauju. Didžiausio Marso kalno (Olimpo) aukštis siekia net 25 km, o papėdės skersmuo — 600 km. Upių senvagės ir išdžiūvę ežerai liudija, kad Marse kažkada būta daug vandens. Dabar vandens ledas kartu su anglies dioksido ledu ašigaliuose sudaro baltas dėmes, kurios vadinamos ašigalìnėmis kepùrėmis.

Jau sudarytas smulkus Marso paviršiaus žemėlapis (marsãlapis). Didieji Marso krateriai vadinami mokslininkų, mažesni — Žemės miestų vardais. Marse yra Gusevo (XIX a. Vilniaus astronomo) ir Alytaũs krateriai.

Automatinėms stotims nusileidus Marse ir atsiuntus į Žemę jo paviršiaus nuotraukų, nustatyta, kad rausvą Marso paviršiaus spalvą lemia geležies oksidas (rūdys). Jokių gyvybės požymių kol kas nerasta.

Tai įdomu !!

- *Marso astronominis simbolis ♂.*
- *1877 m. italų astronomas Džovanis Skiaparelis* (Giovanni Schiaparelli) *pro teleskopą įžiūrėjo Marse tamsius ruožus ir pavadino juos kanalais. Prasidėjo įvairiausių spėliojimų apie galimus Marso gyventojus laikotarpis, buvo siūloma užmegzti ryšius su marsiečiais. Vienas tokių siūlymų — iškasti Sacharoje griovius, pripilti juos žibalo, uždegti ir taip pasiųsti šviesos signalą. Tačiau kosminiai skrydžiai padarė galą spėlionėms — marsiečių Marse nėra.*

Marso magnetinis laukas yra net 1000 kartų silpnesnis už Žemės magnetinį lauką.

Marsas turi du nedidelius, pailgus, netaisyklingos formos gamtinius palydovus: 28 km ilgio Fòbą (gr. *phobos* — baimė) ir 16 km ilgio Dei̇̃mą (gr. *deimos* — siaubas).

Tai įdomu !

- *Marso paviršiaus vaizdas priklauso nuo metų laikų. Žiemą ašigalinių ledinių kepurių plotas pasiekia net 50° platumą, o vasarą jos beveik išnyksta. Sezoninius Marso paviršiaus vaizdo pokyčius dar neseniai bandyta aiškinti augmenijos suvešėjimu ar sunykimu skirtingais metų laikais. Tačiau iš tikrųjų tai yra tik CO_2 ledo susidarymas ar tirpimas.*

7.6. Didžiosios planetos ir Plutonas

Prie didžiųjų planetų, kaip minėta, priskiriami Jupiteris, Saturnas, Uranas ir Neptūnas. Lentelėje pateikiame šių planetų ir Plutono bendruosius duomenis.

Didžiųjų planetų ir Plutono bendrieji duomenys

Bendrieji duomenys	Jupiteris	Saturnas	Uranas	Neptūnas	Plutonas
Planetos masė, kg	$1{,}898 \cdot 10^{27}$	$5{,}685 \cdot 10^{26}$	$8{,}683 \cdot 10^{25}$	$1{,}024 \cdot 10^{26}$	$1{,}32 \cdot 10^{22}$
Vidutinis tankis, kg/m^3	1330	690	1318	1638	2000
Pusiaujo spindulys, km	71 492	60 268	25 559	24 776	2150
Laisvojo kritimo pagreitis prie paviršiaus, m/s^2	23,2	9,28	8,4	11,5	0,4
Skriejimo orbita vidutinis greitis, km/s	13,06	9,6	6,8	5,4	0,5
Skriejimo aplink Saulę periodas, m.	11,862	29,46	84,01	164,8	246,08
Sukimosi apie savo ašį periodas, h	9,925	10,6562	17,24	16,11	6,3872
Nuotolis nuo Saulės, mln. km					
didžiausias	816	1506	3005	4537	7428
mažiausias	740	1348	2735	4456	4456
vidutinis	778	1427	2870	4509	5942
Nuotolis nuo Žemės, mln. km					
didžiausias	968	1658	3157	4689	7580
mažiausias	588	1196	2583	4304	4804

Tai įdomu !!

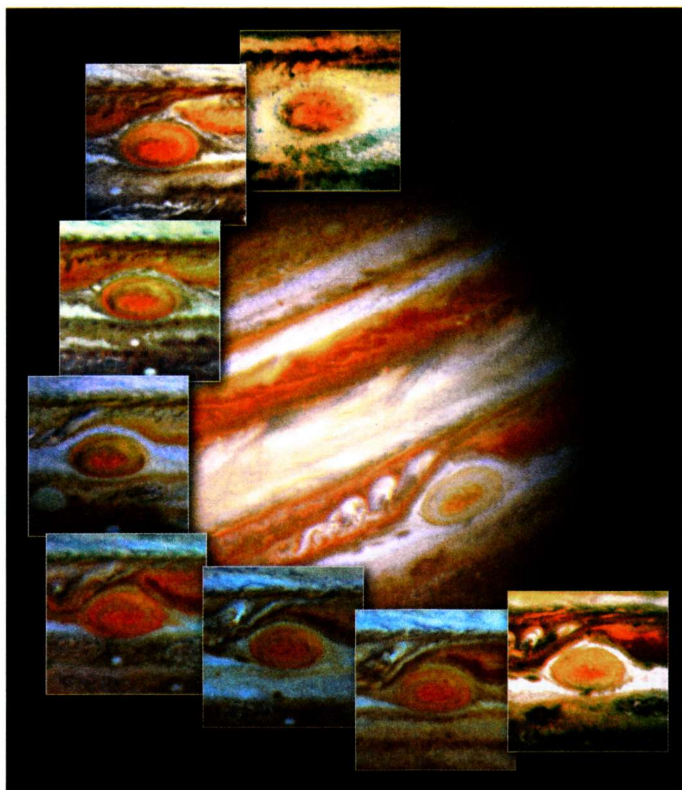
• *Jupiteris pavadintas senovės romėnų dievų valdovo, dangaus ir šviesos tėvo, Romos valstybės globėjo Jupiterio vardu. Lietuviai jį vadino Saulės dukra Indrają. Jupiterio astronominis simbolis* ♃.

Jupiteris

Jupiteris — pati didžiausia Saulės sistemos planeta. Jos masė 2,5 karto didesnė negu kitų aštuonių planetų. Po Saulės, Mėnulio ir Veneros Jupiteris yra ryškiausias danguje (7.19 pav.). Dėl greito sukimosi apie savo ašį Jupiteris yra šiek tiek susiplojęs — pusiaujo skersmuo didesnis už ašigalinį.

Tankią planetos atmosferą sudaro molekulinis vandenilis (apie 74 %), helis (apie 24 %), metanas, amoniakas ir kt. Lygiagrečiai su pusiauju debesyse pakaitomis driekiasi tamsios rausvos ir šviesios juostos. Šviesiose dujos kyla aukštyn ir vėjas pučia iš vakarų į rytus, tamsiose dujos leidžiasi žemyn ir vėjas pučia iš rytų į vakarus. Vėjo greitis kartais siekia net 130 m/s. Tamsių ir šviesių juostų lietimosi vietoje susidaro sūkuriai, kurių didžiausias yra daugiau kaip prieš 300 metų pastebėta ovali Didžioji Raudonoji Dėmė. Jos ilgis 40 000 km, o plotis 14 000 km;

7.19 pav.



dydis kinta. Debesų temperatūra žema — apie –138 °C. Atmosferoje nuolat blykčioja žaibai.

Jupiterio paviršius — apytiksliai 17 000 km storio skysto molekulinio vandenilio sluoksnis. Po juo yra apie 44 000 km storio metališkojo vandenilio sluoksnis ir 10 000 km spindulio branduolys, sudarytas iš silikatų, susimaišiusių su vandens, amoniako ir metano ledais.

Jupiteris išskiria 2 kartus daugiau energijos, negu gauna iš Saulės. Greičiausiai tai vyksta dėl milžiniškos planetos traukimosi, kurio metu išsiskiria šiluma.

Planeta yra stiprus radijo bangų šaltinis. Jos magnetinis laukas apie 20 kartų stipresnis kaip Žemės.

Sukimosi ašis beveik statmena orbitos plokštumai, dėl to ten beveik nesikeičia metų laikai.

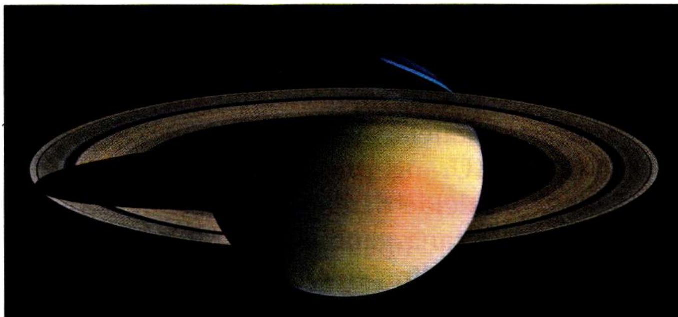
Aplink Jupiterį yra iš Žemės nematomas ledo gabalėlių ir dulkių žiedas, kuris juosia šią planetą. Iki 2005 m. rasti 63 Jupiterio palydovai. Trys palydovai: Ijò, Ganimèdas ir Kalìsta, didesni už mūsiškį Mėnulį, Europà — truputį mažesnė.

Saturnas

Iki 1781 m. Saturnas (7.20 pav.) buvo laikomas kraštine Saulės sistemos planeta. Pagal dydį jis yra antroji planeta. Saturnas daug kuo panašus į Jupiterį: panaši vidinė sandara, greitas sukimasis apie ašį, nedidelis tankis (mažiausias iš visų planetų), dėl greito sukimosi susiplojęs.

Atmosfera, kurios storis 300 km, o temperatūra –178 °C, sudaryta daugiausia iš molekulinio van-

7.20 pav.



Tai įdomu !

- *Saturnas pavadintas senovės romėnų žemdirbystės ir laiko dievo Saturno vardu. Lietuviai jį vadino Saulės dukra Sėlijà. Saturno astronominis simbolis ♄.*
- *Saturno žiedus 1610 m. pastebėjo Galilėjas Galilėjus.*

denilio, helio, metano ir amoniako. Joje ties pusiauju visą laiką iš vakarų į rytus pučia stiprus vėjas (jo greitis siekia net iki 500 m/s). Tai tikra audra, kurią lydi dažni žaibai.

Saturnas, kaip ir Jupiteris, neturi kieto paviršiaus. Po debesų sluoksniu prasideda skystas 32 000 km storio molekulinio vandenilio ir helio sluoksnis. Dar giliau yra 12 000 km storio metališkojo vandenilio sluoksnis, o po juo — 16 000 km spindulio branduolys, sudarytas iš silikatų ir vandens, metano bei amoniako ledų. Saturno centre temperatūra turėtų būti 20 000 °C.

Saturnas spinduliuoja 2,5 karto daugiau energijos, negu gauna iš Saulės. Matyt, tai vyksta dėl to, kad traukdamasis jis (kaip ir Jupiteris) išskiria energiją.

Įdomiausias Saturno elementas — pusiaujo plokštumoje planetą juosiantys žiedai, sudaryti iš daugybės įvairaus dydžio ledo gabalėlių, kurie skrieja aplink planetą tarsi maži palydovai. Bendras žiedų plotis siekia daugiau kaip 400 000 km, o storis — vos 1 km. Automatinė kosminė stotis „Voyager“ pateikė informacijos, kad svarbiausi žiedai susideda iš siauresnių žiedų ir atrodo lyg ilgai grojanti plokštelė.

Saturnas turi 31 gamtinį palydovą (2005 m. duomenimis). Didžiausias iš jų — Titānas — dydžiu nenusileidžia Merkurijui. Tai vienintelis Saulės sistemos planetų palydovas, turįs 250 km storio atmosferą, sudarytą daugiausia iš azoto.

Saturno magnetinis laukas vos keletą kartų stipresnis negu Žemės.

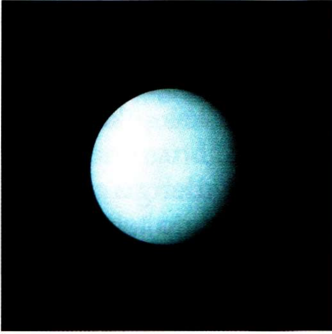
Tai įdomu !!

- *Uranas pavadintas senovės graikų dangaus dievo Urano vardu. Jo astronominis simbolis* ⊙.
- *Urano žiedų medžiagos užtektų tik 15 km dydžio palydovui susidaryti.*

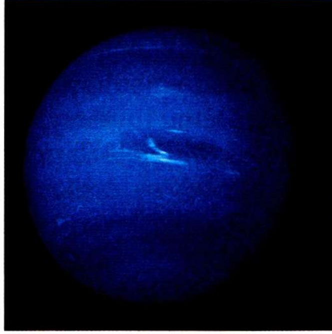
Uranas

Uranas — septintoji Saulės sistemos planeta (7.21 pav.). Tai pirmoji 1781 m. teleskopu V i l j a m o H e r š e l i o atrasta planeta.

1986 m. pro Uraną praskriejusi kosminė stotis „Voyager 2“ atskleidė daugelį šios mįslingos planetos paslapčių. Uraną gaubia šalta (apie –210 °C) ir stora (11 000 km) atmosfera, sudaryta iš vandenilio, helio bei plaukiojančių sušalusio metano ir amo-



7.21 pav.



7.22 pav.

niako debesų. Po ja yra 8000 km storio vandens, metano ir amoniako sluoksnis, o centre — Žemės dydžio branduolys, sudarytas iš silikatų ir vandens, amoniako bei metano ledų. Jo temperatūra siekia apie 11 000 °C.

Uranas turi 11 plonų, tik 1977—1978 m. atrastų žiedų, kurių bendras plotis 9000 km, o storis 5—15 km. Aplink Uraną skrieja 97 palydovai. Planeta turi magnetinį lauką.

Viena įdomiausių Urano ypatybių ta, kad jo sukimosi ašis yra beveik orbitos plokštumoje. Taigi ši planeta tarsi rieda savo orbita gulėdama ant šono: pusę ilgų metų (84 Žemės metus) atsukusi į Saulę vieną ašigalį, kitą pusę Urano metų — kitą ašigalį. Atitinkamai atsisuka ir planetos pusrutuliai.

Neptūnas

Neptūnas — aštuntoji, plika akimi nematoma Saulės sistemos planeta. Galimą jos buvimo vietą apskaičiavo astronomai anglas Džonas Adamsas (*John Adams*) ir prancūzas Urbenas Leverjė (*Urbain Leverrier*), pastebėję Urano skriejimo trikdymą. 1846 m. vokiečių astronomas Johanas Galė (*Johann Galle*), nukreipęs teleskopą į tą dangaus sritį, kurią nurodė Adamsas ir Leverjė, atrado naują planetą — Neptūną (7.22 pav.).

1989 m. pro Neptūną praskriejusios automatinės kosminės stoties „Voyager 2" perduoti duomenys rodo, kad Neptūną gaubia tanki, audringa molekulinio vandenilio, helio ir metano atmosfera. Neptūne pučia patys stipriausi iš visų Saulės sistemos plane-

Tai įdomu !

- *Neptūnas pavadintas romėnų upių ir versmių, vėliau dar jūrų dievo Neptūno vardu. Jo astronominis simbolis ♆.*

tų vėjai. Protarpiais jų greitis siekia net 500—700 m/s. Pietiniame planetos pusrutulyje gerai matyti tamsi dėmė didumo sulig Žeme. Ji primena Didžiąją Raudonąją Dėmę Jupiteryje. Šis milžiniškas sūkurys pavadintas Didžiąja Tamsiąja Dėme.

Neptūno paviršių greičiausiai dengia plonas amoniako ir metano vandenynas, kurio temperatūra vos –214 °C. Giliau yra apie 2500 km storio vandens, amoniako ir metano ledo sluoksnis, centre — apie 20 500 km spindulio to paties ledo ir silikatų branduolys.

Planeta turi 5 iš Žemės nematomus žiedus ir silpną magnetinį lauką.

Aplink Neptūną skrieja 13 palydovų. Du iš jų, Tritònas ir Nereìdė, įžiūrimi pro teleskopą, kitus atrado automatinė kosminė stotis „Voyager".

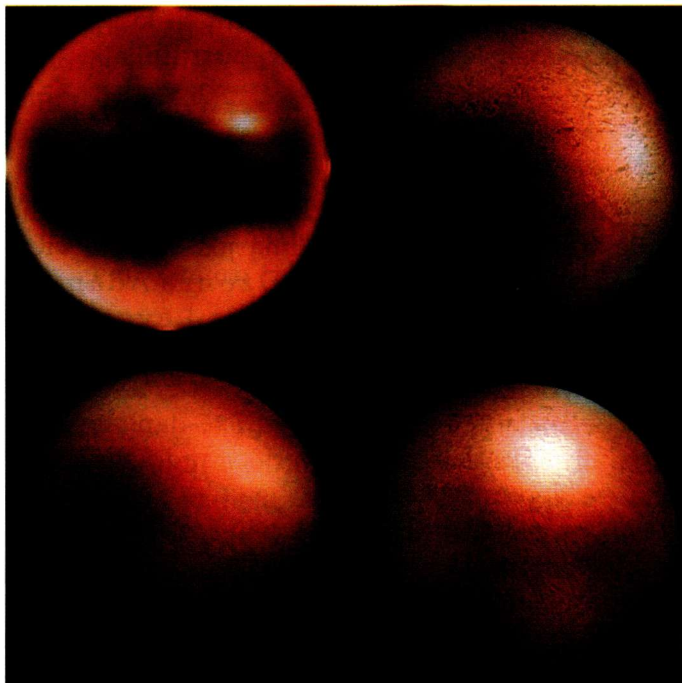
Tai įdomu !

- *Plutonas pavadintas senovės graikų požemio pasaulio dievo Plutono vardu. Jo astronominis simbolis* ♇. *Tai JAV astronomo* P e r s i v a l i o L o v e l i o *(*Percival Lowell*), 1915 m. apskaičiavusio Plutono orbitą, vardo ir pavardės pirmosios raidės.*

Plutonas

Plutonas — devintoji, tolimiausioji ir mažiausioji, Saulės sistemos planeta (7.23 pav.). 1930 m. ją fotografiniu būdu atrado JAV astronomas K l a i d a s

7.23 pav.



Tombas (*Clyde Tombaugh*). Šią planetą galima įžiūrėti tik pro didelį teleskopą. Apie ją žinoma palyginti nedaug, mat šios tolimos planetos kol kas dar nepasiekė jokia tarpplanetinė stotis.

Plutono sandara skiriasi nuo didžiųjų planetų. Jis turi retą azoto ir metano atmosferą, paviršių dengia metano ledas, kurio temperatūra –235 °C.

Plutonas turi 3 palydovus. Didžiausias iš jų yra Charònas, atrastas 1978 m. Jis vos perpus mažesnis už Plutoną. Manoma, kad praeityje Plutonas ir jo palydovas buvę Neptūno palydovai, tačiau vėliau ištrūkę iš Neptūno gravitacijos lauko. Plutonas tapo savarankiška planeta.

7.7. Mažieji Saulės sistemos kūnai

Asteroidai

Be devynių didžiųjų planetų, aplink Saulę skrieja daugybė **mažų̃jų planètų** (7.24 pav.), kitaip dar vadinamų **asteròidais** (gr. *aster* — žvaigždė + *eidos* — pavidalas). Plika akimi jie nematomi, o pro telesko-

7.24 pav.



Tai įdomu !!

- *Prieš 65 mln. metų į Žemę (į Jukatano pusiasalio, esančio tarp Mèksikos įlankos ir Karìbų jūros, šiaurinį galą) 10 km/s greičiu smogė maždaug 10 km skersmens kraterį, sukeldamas milžinišką bangą, kuri nusirito toli į Amerikos žemyną. Smūgio metu išgaravusios uolienos aptraukė dangų dulkių, garų ir anglies dioksido sluoksniu. Dėl to įvyko ryškių klimato pokyčių, kurie pražudė daugybę gyvūnų, tarp jų ir dinozaurus.*

pą atrodo tik kaip šviečiantys taškai. Tuo jie panašūs į žvaigždes. Šiuo metu mažosiomis planetomis (asteroidais) sutarta vadinti tik tuos Saulės sistemos kūnus, kurių skersmuo ne mažesnis kaip 1 km.

Net 95 % mažųjų planetų skrieja elipsinėmis orbitomis aplink Saulę tarp Marso ir Jupiterio, vadinamajame **asteròidų žiedè** (žr. 7.6 pav.). Kai kurie asteroidai pralekia netoli Žemės, kartais netgi arčiau negu Mėnulis. Asteroidų žiedo kilmė neaiški. Galbūt tai dalys kokios nors vienos planetos, suskilusios dėl nežinomos priežasties.

Pirmasis asteroidas buvo atrastas 1801 m. ir pavadintas Cererà (Cerera — romėnų derlingumo ir žemdirbystės deivė, Sicìlijos globėja). Jo skersmuo siekia apie 1000 km. Netrukus pastebėtos dar kelios mažosios planetos. Pradėjus fotografuoti, jų buvo aptinkama vis daugiau ir vis mažesnių. Dabar kasmet atrandama ir užregistruojama 150—200 naujų asteroidų. Jiems suteikiamas eilės numeris ir įžymaus žmogaus, valstybės arba miesto vardas. Vardus parenka atradėjai. Šešios mažosios planetos turi lietuviškus vardus: Čiurlionis, Lietuva, Vilnius, Kaunas, Straižys ir Ažusienis. Iki 2002 m. sunumeruota per 30 000 asteroidų. Spėjama, kad jų gali būti apie pusę milijono. Tik 14 mažųjų planetų skersmuo yra didesnis kaip 250 km. Jei pavyktų visas mažąsias planetas sulipdyti į vieną kūną, susidarytų vos keliolika kartų mažesnė už Mėnulį planetėlė.

Sandaros požiūriu asteroidai yra beveik apskriti arba netaisyklingos formos luĩstai, kosminės uolos, įvairiai atspindinčios saulės šviesą.

Kometos

Pro teleskopus Saulės sistemoje galima pamatyti ir labai keisto pavidalo, su uodegomis, dangaus šviesulių (7.25 pav.), vadinamų **komètomis** (gr. *komētēs (aster)* — uodegota žvaigždė). Priartėjusios prie Žemės per keletą dešimtųjų astronominio vieneto[1], jos matomos ir plika akimi.

Naujos kometos pavadinamos jų atradėjo pavarde ir pažymimos atradimo metais bei eilės numeriu. Kometų yra atradę ir Lietuvos astronomai.

[1] *Astronòminiu vìenetu* vadinamas atstumas, lygus vidutiniam Žemės centro nuotoliui iki Saulės centro. Tarptautinis jo simbolis yra AU, lietuviškas — av. Skaitinė šio ilgio matavimo vieneto vertė lygi 149 597 870 km.

1980 m. liepos 31 d. pirmieji kometą pastebėjo Vilniaus universiteto studentai Kazimieras Černis ir Jovaras Petrauskas. Ši kometa buvo pavadinta Černio-Petrausko kometa. Černis vėliau atrado dar dvi kometas. Šiuo metu yra žinoma maždaug tūkstantis kometų. Spėjama, kad 50 000 av atstumu aplink Saulę jų gali būti net keli milijonai.

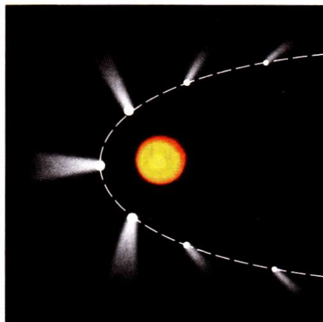
Kometos skrieja aplink Saulę įvairiomis orbitomis. Tos kometos, kurių skriejimo periodas trumpesnis kaip 200 metų, vadinamos trumpaperiòdėmis, o kurių periodas ilgesnis — ilgaperiòdėmis ar net vienkartìnėmis. Kas 76 metai prie Žemės grįžta Hãlio kometa, kinų metraščiuose aprašyta dar 239 m. pr. Kr. Paskutinį kartą iš Žemės ji buvo matoma 1986 m. Dažniausias Žemės aplinkos svečias yra Eñkės kometa, pasirodanti kas 3,3 metų. Astrono-

Tai įdomu !

- *Olandų astronomas Janas Hendrikas Ortas* (Jan Hendrik Oort) *1950 m. iškėlė kometų kilmės hipotezę: 50 000 av atstumu Saulę supa kometų branduolių spiečius, kuriame jų gali būti net iki 100 milijardų. Šis spiečius buvo pavadintas Òrto komètų dẽbesiu.*
- *Kai kurių kometų orbitos yra taip ištįsusios, kad kometoms apskrieti Saulę reikia nuo 100 000 iki 1 mln. m.*

7.25 pav.





7.26 pav.

mams ji žinoma nuo 1786 m. Didesnė dalis matomų kometų yra ilgaperiodės ar vienkartinės.

Kometą sudaro šviesus branduolỹs, jį supanti skraĩstė arba komà (gr. *kome* — plaukai) ir iš jos nutįsusi šviesi uodega. Branduolys ir skraistė sudaro kometos gálvą. Branduolys yra 1—50 km skersmens vientisas luistas, susidedantis iš silikatų, metalų dulkių ir sušalusių į ledą lengvai garuojančių medžiagų: vandens, amoniako, metano, anglies dioksido, diciano ir kt.

Kai kometa artėja prie Saulės (7.26 pav.), branduolys (dar vadinamas kometòidu) pradeda garuoti, susidaro skraistė ir kometos galva išauga iki 1—2 mln. km, o uodega gali siekti net 150 mln. km. Daugelio kometų šie dydžiai būna gerokai mažesni. Kometos uodegą nuo Saulės kreipia jos vėjas (iš Saulės vainiko į visas puses srūvanti plazma) ir šviesos slėgis.

Kometos švyti jų atspindėta saulės šviesa. Skraistės ir uodegos dujos, gavusios saulės spindulių energijos, ima spinduliuoti pačios.

Pralėkdama pro Saulę, kometa netenka maždaug 0,2—0,5 % savo masės. Uodegos medžiaga negrįžta į branduolį ir išsisklaido kosminėje erdvėje.

Ar pavojinga Žemei susidurti su kometa? Be abejo, tačiau tokia tikimybė yra labai maža. Kai kuriais skaičiavimais, tai galėtų įvykti vieną kartą per 100 000 metų. Dažniau pasitaiko atvejų, kai Žemė patenka į kometos uodegą. 1910 m. pro Halio kometos uodegą pranėrusiai Žemei nieko neatsitiko.

Tai įdomu !!

- *Į Žemės atmosferą neretai krinta 10—20 m dydžio ir 20—40 t masės ledo ir sniego kamuoliai, kurie dažniausiai išgaruoja 8000—24 000 km aukštyje nuo Žemės paviršiaus.*

Meteoroidai, meteorai, meteoritai

Mažesnio negu 1 km skersmens kūnai, skriejantys aplink Saulę ir planetas, vadinami **meteoroìdais** (gr. *meteoron* — atmosferos reiškinys + *eidos* — pavidalas), arba **meteòriniais kū́nais**. Tai kometų liekanos ar asteroidų nuolaužos.

Dideliu greičiu (11—72 km/s) įlėkęs į Žemės atmosferą, meteoroidas dėl trinties smarkiai įkaista ir sudega virsdamas švytinčiu **meteorù**, arba **bolidù** (gr. *bolis* (kilm. *bolidos*) — svaidomoji ietis), kurį galima matyti kaip „krintančią žvaigždę“. Be pavienių meteorų, stebimi jų srautai, skriejantys iš kurio nors

žvaigždyno ir vadinami jo vardu (7.27 pav.). Pavyzdžiui, kasmet lapkričio 8—18 d. galima pamatyti iš Liūto žvaigždyno lekiančius **leonidùs** (lot. *leo* — liūtas + gr. *eidos* — pavidalas), liepos 20 d.—rugpjūčio 20 d. iš Persėjo žvaigždyno — **perseidùs**.

Nespėjęs sudegti atmosferoje ir pasiekęs Žemę meteoroidas vadinamas **meteoritù**. Pagal sudėtį meteoritai skirstomi į akmeninius, geležinius ir akmeninius geležinius. Dažniausiai krinta akmeniniai.

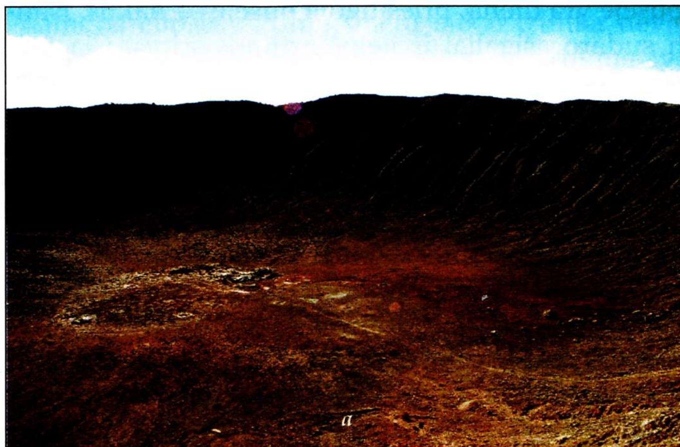
Ant Žemės kasmet nukrinta iki 100 000 t meteoritų: nuo dulkių dydžio iki 1000 kg luitų, tačiau randama jų palyginti nedaug. Lietuvoje užfiksuoti keturi meteoritų kritimai: 1877 m. Pãnevėžio apskr. Júodžių kaime (51,5 g); 1908 m. Akmẽnės apylinkėse (1 kg); 1929 m. Anykščių̃ rajone netoli Andrióniškio (3644 g); 1933 m. Ukmergẽs rajono Žemaĩtkiemio apylinkėse (42 kg).


7.27 pav.

Atsitrenkdami į Žemę, dideli meteoritai išmuša kraterius, vadinamus **astroblèmomis** — „žvaigždžių žaizdomis“ (gr. *blema* — žaizda). Kartais jie būna labai dideli, pavyzdžiui, JAV esančio Arizònos kraterio skersmuo siekia 1200 m, gylis — apytiksliai 180 m (7.28 pav., *a*, *b*). Manoma, kad apie 25 000 m. pr. Kr. jį išmušė 2 mln. t masės meteoritas.

Astroblemų yra ir Lietuvoje: 8 km skersmens — Vẽpriuose (Ukmergės raj.), 5 km skersmens — Mizarų̃ kaime prie Drùskininkų. Spėjama, kad ir netoli Aukštãdvario esanti 200 m skersmens ir 45 m gylio Velnio duobė taip pat yra kosminės kilmės.

7.28 pav.


a


b

Tai įdomu !!

• Seniausias meteorito kritimas kinų metraščiuose aprašytas 2133 m. pr. Kr.
• 1952 m. Švèdijoje rastas meteoritas, pragulėjęs Žemėje 463 mln. metų.
• Didžiausias žinomas meteoritas buvo rastas 1920 m. Namìbijoje (7.29 pav.). Tai 93 % geležies ir 7 % nikelio monolitas, kurio ilgis 2,75 m, plotis 2,43 m, masė 59 t.



7.29 pav.

7.8. Regimasis dangaus kūnų judėjimas

Diena ir naktis, metų laikai

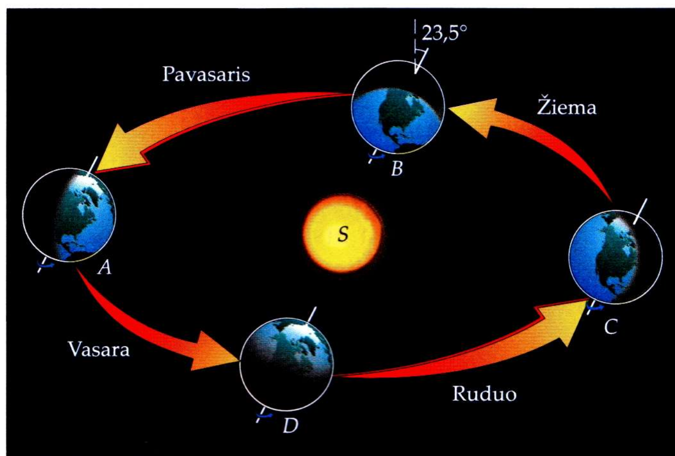
Žemė sukasi apie savo ašį iš vakarų į rytus. Jos pusiaujo taškai juda 465 m/s greičiu, todėl apie savo ašį Žemė apsisuka per 24 h. Šis jos sukimasis lemia dienos ir nakties kaitą. Į Saulę atsisukusioje Žemės pusėje yra diena, priešingoje pusėje — naktis. Išimtį sudaro ašigaliai ir jiems artimos sritys. Čia tam tikrą laikotarpį būna tik diena ir tam tikrą laikotarpį — tik naktis.

Metų laikų (pavasario, vasaros, rudens, žiemos) kaitą lemia:

• pastovus 23,5° kampas tarp Žemės sukimosi ašies ir statmens jos orbitos plokštumai (7.30 pav.; toks pat kampas susidaro ir tarp Žemės pusiaujo bei jos orbitos plokštumos);

• Žemės skriejimas aplink Saulę;

• nekintama Žemės ašies padėtis erdvėje (ji visą laiką yra lygiagreti pati sau).



7.30 pav.

Žemės sukimosi ašis šiaurėje yra palinkusi į Saulę (7.30 paveiksle padėtis *A*), todėl kampas tarp ašies ir krypties į Saulę yra mažesnis negu 90°. Stebėtojui, esančiam Šiaurės pusrutulyje, atrodo, kad Saulė juda dangaus skliautu didesniu lanku ir diena trunka daugiau negu 12 h. Tuo tarpu kai Žemė atsiduria taške *C*, kampas tarp jos sukimosi ašies ir krypties į Saulę pasidaro didesnis negu 90°, Saulė juda mažesniu lanku, diena trunka mažiau nei 12 h. Padėtyse *B* ir *D* kampas tarp Žemės sukimosi ašies ir krypties į Saulę lygus 90°. Tada Žemėje visur diena ir naktis trunka po 12 h.

Dėl to, kad Žemė iš tikrųjų netolygiai skrieja elipsine (ne apskrita) orbita aplink Saulę, kuri yra viename iš elipsės židinių, metų laikai trunka nevienodai. Šiaurės pusrutulyje pavasario trukmė lygi 93 d., vasaros — 94 d., rudens — 90 d., žiemos — 89 d. Šiaurės pusrutulyje astronominis pavasaris ir vasara kartu trunka 8 dienomis ilgiau negu ruduo ir žiema.

Astronominė metų laikų pradžia Šiaurės pusrutulyje yra tokia:

• pavasario lygiãdienis — 03 20—21 (diena lygi nakčiai);

• vasaros saulégrįža — 06 21—22 (ilgiausia diena, trumpiausia naktis);

Tai įdomu !

• *Dėl orbitos ištęstumo atstumas tarp Žemės ir Saulės per ketvirtį paros pakinta net 7000 km.*

• *Prieš 1500 mln. metų Žemė per metus apsisukdavo apie savo ašį 900 kartų (para trukdavo 10 dabartinių valandų), prieš 500 mln. metų — 380 kartų, o dabar apsisuka tik 365 kartus. Žemės para kas 50 000 metų pailgėja viena sekunde.*

Tai įdomu

• *Graikų astronomas Hiparchas (*Hipparchos, *apie 190—120 pr. Kr.) Saulės apkeliaujamą per metus Zodiako ratą padalijo į 12 vienodo dydžio (30° ilgio ir 16° pločio) dangaus sričių. Jis nurodė ir Saulės buvimo atitinkamame Zodiako žvaigždyne laiką:*

Avinas	03 21—04 20
Tauras	04 21—05 21
Dvyniai	05 22—06 21
Vėžys	06 22—07 22
Liūtas	07 23—08 23
Mergelė	08 24—09 23
Svarstyklės	09 24—10 23
Skorpionas	10 24—11 23
Šaulys	11 24—12 21
Ožiaragis	12 22—01 20
Vandenis	01 21—02 19
Žuvys	02 20—03 20

• rudens lygiadienis — 09 22—23 (diena lygi naktiai);

• žiemos saulėgrįža — 12 22—23 (trumpiausia diena, ilgiausia naktis).

Įdomu ir tai, kad šalčiausiu Šiaurės pusrutulio metų laiku, t. y. apie sausio 3 d., Saulė būna arčiausiai Žemės (147 mln. km atstumu), o šilčiausiu metu, apie liepos 3 d., — toliausiai (152 mln. km atstumu). Nutolusi nuo Saulės Žemė gauna maždaug 3 % mažiau Saulės energijos, dėl to Šiaurės pusrutulyje vasaros yra šiek tiek vėsesnės, o žiemos švelnesnės negu Pietų pusrutulyje. Ten Žemė būna arčiausiai Saulės jų vasarą, o toliausiai — žiemą. Be abejo, klimatui Pietų pusrutulyje turi įtakos vandenynų gausa, Šiaurės pusrutulyje — didžiulis Eurãzijos žemynas.

Regimasis Saulės judėjimas

Regimąjį Saulės judėjimą dangumi mes matome iš aplink Saulę skriejančios Žemės. Žiūrint iš Žemės, atrodo, kad per metus Saulė nueina vieną ratą. Šis metinis jos kelias dangumi vadinamas **eklìptika** (gr. *ekleiptikē* — užtemimas). Saulė keliauja per 13 žvaigždynų, iš kurių 12 vadinami Zodiãko žvaigždýnais (gr. *zōdiakos*, kilęs iš *zoon* — gyvūnas; Zodiakui nepriskiriamas Gyvãtnešis, esantis tarp Skorpiòno ir Šaũlio) ir sudaro vadinamąją **Zodiãko júostą**:

• žiemą — per Šaulio, Ožiarãgio ir Vandẽnio žvaigždynus;

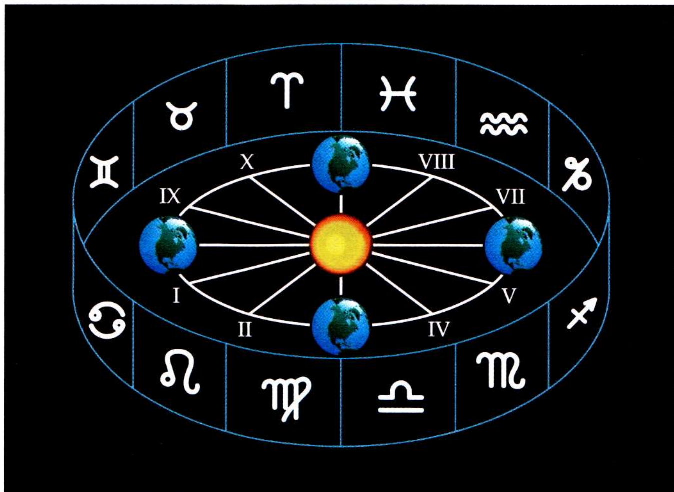
• pavasarį — per Žuvų̃, Ãvino ir Taũro žvaigždynus;

• vasarą — per Dvynių̃, Vė́žio ir Liũto žvaigždynus;

• rudenį — per Mergẽlės, Svarstýklių, Skorpiono ir Gyvatnešio žvaigždynus (7.31 pav.).

Kiekviename šių žvaigždynų Saulė būna maždaug mėnesį.

Vidurdienį neįmanoma matyti, kuriame žvaigždyne yra Saulė, nes stipri jos šviesa nustelbia palyginti silpną žvaigždžių spindesį. Tad kaip nustatyti Saulės padėtį danguje žvaigždynų atžvilgiu?



7.31 pav.

Žinant, kuriame žvaigždyne Saulė yra vidurnaktį, galima nurodyti, kur ji būna vidurdienį. Dėl to vidurnaktį reikia nustatyti aukščiausiai virš horizonto esantį Zodiako žvaigždyną ir pagal jį numatyti, kur Saulė bus vidurdienį. Pavyzdžiui, jei vidurnaktį aukščiausiai virš horizonto yra Mergelės žvaigždynas, tai vidurdienį Saulė bus Žuvų žvaigždyne (7.31 pav.).

Regimasis žvaigždžių judėjimas

Žiūrint naktį į žvaigždėtą dangų, atrodo, kad žvaigždės nejuda. Tačiau, užfiksavę kokį nors nejudamą objektą vakare ir ryte, pamatysime, kad žvaigždžių padėtis yra visai kitokia.

Regimąjį žvaigždžių judėjimą dangaus skliautu galima pastebėti ir greičiau. Pakanka į žvaigždę žiūrėti taip, kad regėjimo kryptis sutaptų su kokiu nors nejudamu daiktu, pavyzdžiui, medžio viršūne, stogo kraigu. Pastovėję kiek laiko vienoje vietoje, įsitikinsime, kad gana greit žvaigždės padėtis pasikeis. Padarius ilgalaikę dangaus skliauto nuotrauką, matyti, kad jis sukasi apie ašį, kuri nukreipta beveik į Šiaurinę žvaigždę (7.32 pav.).

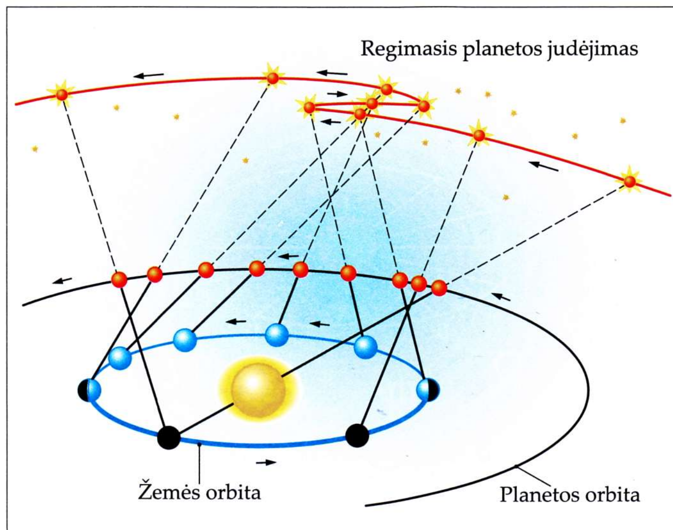
Taigi regimasis žvaigždžių sukimasis matomas dėl Žemės sukimosi apie savo ašį, nukreiptą į Šiaurinę žvaigždę.

7.32 pav.



Tai įdomu !

- *7.34 paveiksle, a — Zodiako ir mėnesių ženklai.*
- *Per daugiau negu 2000 metų Saulė jau nebūna atitinkamame Zodiako žvaigždyne Hiparcho nurodytu laiku, o yra pasislinkusi per vieną ženklą. Pavyzdžiui, jei Hiparcho laikais Saulė buvo Avino žvaigždyne, tai dabar tuo pat metu ji yra tik Žuvų žvaigždyne (7.34 pav., b, c). Taigi laikraščiuose skaitome kitiems skirtus horoskopus, nes visais laikotarpiais atsiranda žmonių, kurie aptinka ryšį tarp Saulės, Mėnulio bei planetų išsidėstymo žvaigždynų fone ir tautų, valstybių bei asmenybių raidos.*

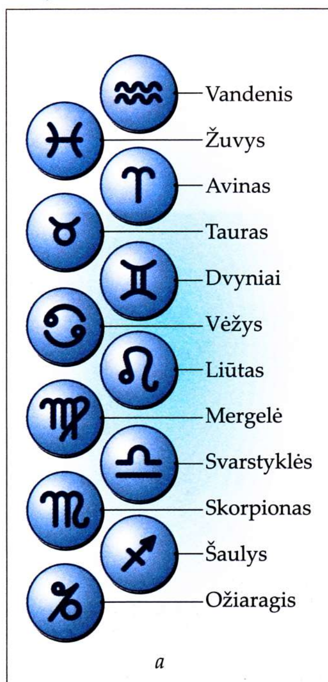


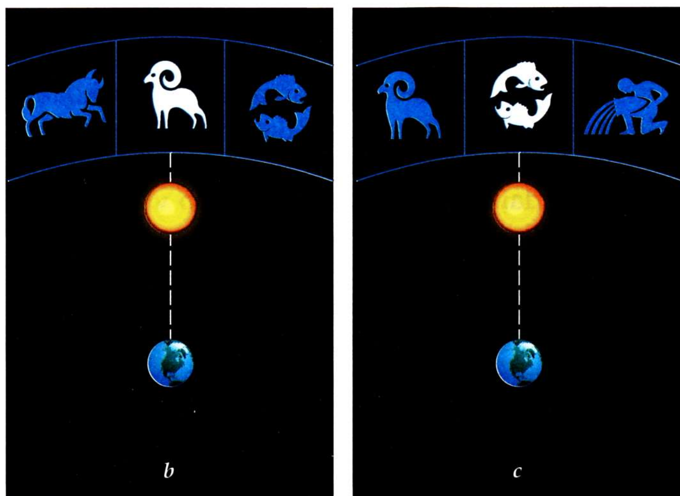
7.33 pav.

Regimasis planetų judėjimas

Regimasis planetų judėjimas dangumi žvaigždžių fone yra kur kas sudėtingesnis negu Saulės ar Mėnulio. Planetos slenka tai į vieną, tai į kitą pusę, dangaus skliaute brėždamos kilpas arba zigzagus. Toks judėjimas periodiškai kartojasi, pavyzdžiui, Merkurijaus — kas 116 dienų, Marso — kas 780 dienų. Kaip atsiranda išorinių planetų (žr. p. 183) judėjimo kilpos, paaiškina 7.33 paveikslas.

7.34 pav.





7.9. Mėnulio ir Saulės užtemimai

Mėnulio fazės

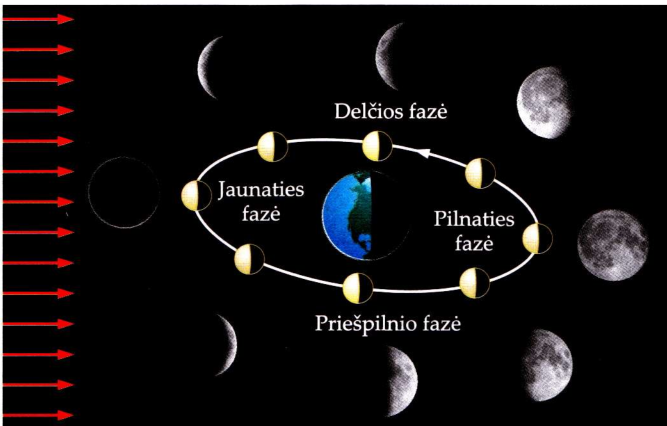
Šešėlių būna ne tik Žemėje, bet ir aplink kitus dangaus kūnus, tačiau jie nepalyginamai didesni. Jau žinome, kad Saulė pati skleidžia šviesą, o Mėnulis tik ją atspindi, todėl atrodo, kad šviečia.

Mėnulis Žemę apskrieja per 27,3 paros. Kadangi tuo pačiu metu Žemė skrieja kartu su Mėnuliu ir aplink Saulę, tai Mėnulis atsiduria įvairiose padėtyse Saulės atžvilgiu. Dėl to kinta apšviestos jo dalies išvaizda, arba **fãzės** (gr. *phasis* — pasirodymas). Mėnulį matome tai kaip siaurą pjautuvą, tai kaip šviečiantį skritulį ar jo dalį. Fazių kaitą gali paaiškinti 7.35 paveikslas, kuriame iš Saulės sklindanti šviesa pavaizduota lygiagrečiais spinduliais.

Kai Mėnulis atsiduria tarp Saulės ir Žemės, mes jo nematome, nes Saulė apšviečia priešingą Žemei Mėnulio pusę. Tik maždaug po poros dienų galime išvysti siaurą ruoželį — **jáunaties** pjautuvą. Šviesią ir tamsią Mėnulio dalį skirianti riba atrodo lenkta, nes Mėnulis yra rutulio formos.

Žemei atsidūrus tarp Saulės ir Mėnulio, matoma visa apšviesta jo pusė. Tokia Mėnulio fazė vadinama **pìlnatimi**.

7.35 pav.



Tai įdomu !

• *Delčią galima atskirti nuo priešpilnio taip: per Mėnulio pusrutulio „ragus" mintyse reikia nubrėžti tiesę. Jei susidarys raidė p, vadinasi, yra priešpilnis* ☽, *jei d — delčia* ☾.

• *Velykų švenčių data siejasi su Mėnulio fazėmis. 325 m. bažnyčios Nikėjos susirinkime buvo nuspręsta Velykas švęsti pirmą sekmadienį po pavasario lygiadienio stojus pilnačiai: anksčiausiai — kovo 21 d., vėliausiai — balandžio 25 d.*

Mėnuliui artėjant į pilnatį, iš Žemės matoma vis didesnė apšviesta jo dalis. Kai Saulė apšviečia pusę matomo Mėnulio disko, pasiekiama **príešpilnio** fazė. Po pilnaties fazės Mėnulis ima „dilti" — matoma vis mažesnė apšviesta jo dalis. Kai lieka apšviesta tik kairioji jo pusė, prasideda **delčiõs** fazė. Taigi tarp jaunaties ir pilnaties yra priešpilnis, o tarp pilnaties ir jaunaties — delčia. Kiekviena Mėnulio fazė trunka beveik savaitę.

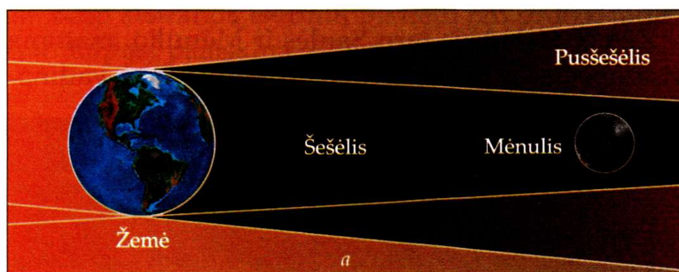
Tai įdomu !!

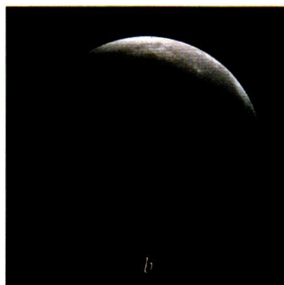
- *Babiloniečiams dar 2000 m. pr. Kr. buvo žinomas užtemimų pasikartojimo ciklas, vadinamas sāro periodu (egipt.* saros *— pasikartojimas). Jis lygus* $6585\frac{1}{3}$ *paros, arba 18 metų ir 11,3 paros. Po šio laikotarpio Saulės ir Mėnulio užtemimai kartojasi ta pačia tvarka. Per vieną saro periodą būna 43 Saulės ir 28 Mėnulio užtemimai.*

Mėnulio užtemimas

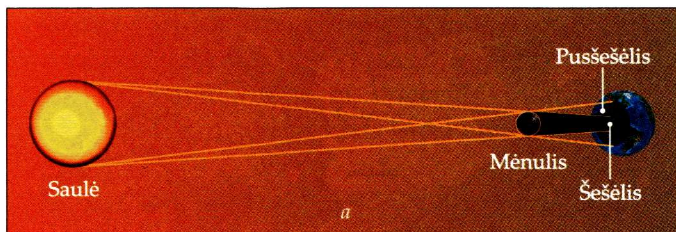
Saulės apšviesti Mėnulis ir Žemė meta šešėlius. Jie būna labai ilgi, ištįsę didesniu atstumu negu nuotolis tarp Žemės ir Mėnulio. Šių šešėlių bendras vaizdas, nesilaikant mastelio, parodytas 7.36 paveiksle, *a*, ir 7.37 paveiksle, *a*. **Mėnùlio užtemimù** vadinamas įvykis, kai visas Mėnulis ar bent dalis jo patenka į Žemės šešėlį (7.36 pav., *a*, *b*), kurio skersmuo ties Mėnulio orbita yra apie 9100 km, t. y. maždaug 2,6 karto didesnis už Mėnulio skersmenį. Tai gali atsitikti tik esant pilnačiai. Jei į Žemės šešėlį pasineria visas Mėnulis, matome **vìsišką Mėnùlio**

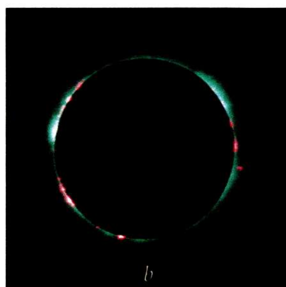
7.36 pav.













7.37 pav.

Tai įdomu !!

- *Pagal saro periodą buvo galima apytiksliai numatyti užtemimo dieną. Dabar užtemimų laikas apskaičiuojamas net sekundės tikslumu.*
- *Artimiausias visiškas Saulės užtemimas Lietuvoje bus matomas 2075 m. liepos 13 d.*

užtem̀imą, jei dalis jo — **dal̀inį**. Visiškas Mėnulio užtemimas trunka iki 1 h 40 min, dalinis — dviem valandomis ilgiau.

Užtemimo metu Mėnulis atrodo rausvas, nes Žemės atmosfera geriau praleidžia joje lūžusius raudonuosius spindulius ir labiau išsklaido violetinius bei mėlynus.

Saulės užtemimas

Kai jaunas Mėnulis meta šešėlį į Žemę, įvyksta **vìsiškas Sáulės užtem̀imas**; kur ant Žemės krinta Mėnulio pusšešėlis, matomas **dal̀inis Sáulės užtem̀imas** (7.36 pav., *a*, *b*).

Mėnulio šešėlio skersmuo Žemės paviršiuje dažniausiai esti 40—100 km, tačiau kai Mėnulis atsiduria arčiausiai Žemės, jis gali siekti iki 270 km. Mėnulio šešėlis per Žemės paviršių bėga beveik į rytus 0,5—1 km/s greičiu, todėl visiškas Saulės užtemimas vienoje vietoje trunka vidutiniškai 2—3 min, ilgiausiai — 8 min. Tuo tarpu dalinis Saulės užtemimas gali tęstis iki 2 h ir ilgiau.

Visiškas Saulės užtemimas toje pačioje Žemės vietoje pasikartoja maždaug kas 300 metų, dalinis — kas 2—3 metai. Lietuvoje paskutinis visiškas Saulės



7.38 pav.

užtemimas buvo matomas 1954 m. birželio 30 d. (7.38 pav.; užtemimo zona pažymėta juostele). Per metus Žemėje gali būti 2—5 Saulės užtemimai (tarp jų ir daliniai) ir ne daugiau kaip du Mėnulio užtemimai.

7.10. Žvaigždės

Gražumas dangaus! Tarp žvaigždžių įsikirtę
Septyni antai Šienpjūviai!
Aukščiau dar šviesiau — Grigo ratai apvirtę
Ant kelio, išgrįsto blaiviai.

Maironis

Kiek matome žvaigždžių?

Pažvelgę giedrą naktį į dangų, matome daugybę žvaigždžių. Turėdami geras akis ir kantrybės, jų galėtume suskaičiuoti iki 2500. Blyškiausias žvaigždes pastebėti ties horizontu trukdo storas Žemės atmosferos sluoksnis. Daug daugiau žvaigždžių matytume pro paprastą žiūroną, o pro galingus šiuolaikinius teleskopus jų pastebėtume net milijardus.

Vardus turi tik 275 pačios ryškiausios žvaigždės, pavyzdžiui, Sìrijus, Arktū̃ras, Vegà. Dauguma žvaigždžių kataloguose (gr. *katalogos* — sąrašas) pažymėtos sutartiniais ženklais — skaičiais, raidėmis.

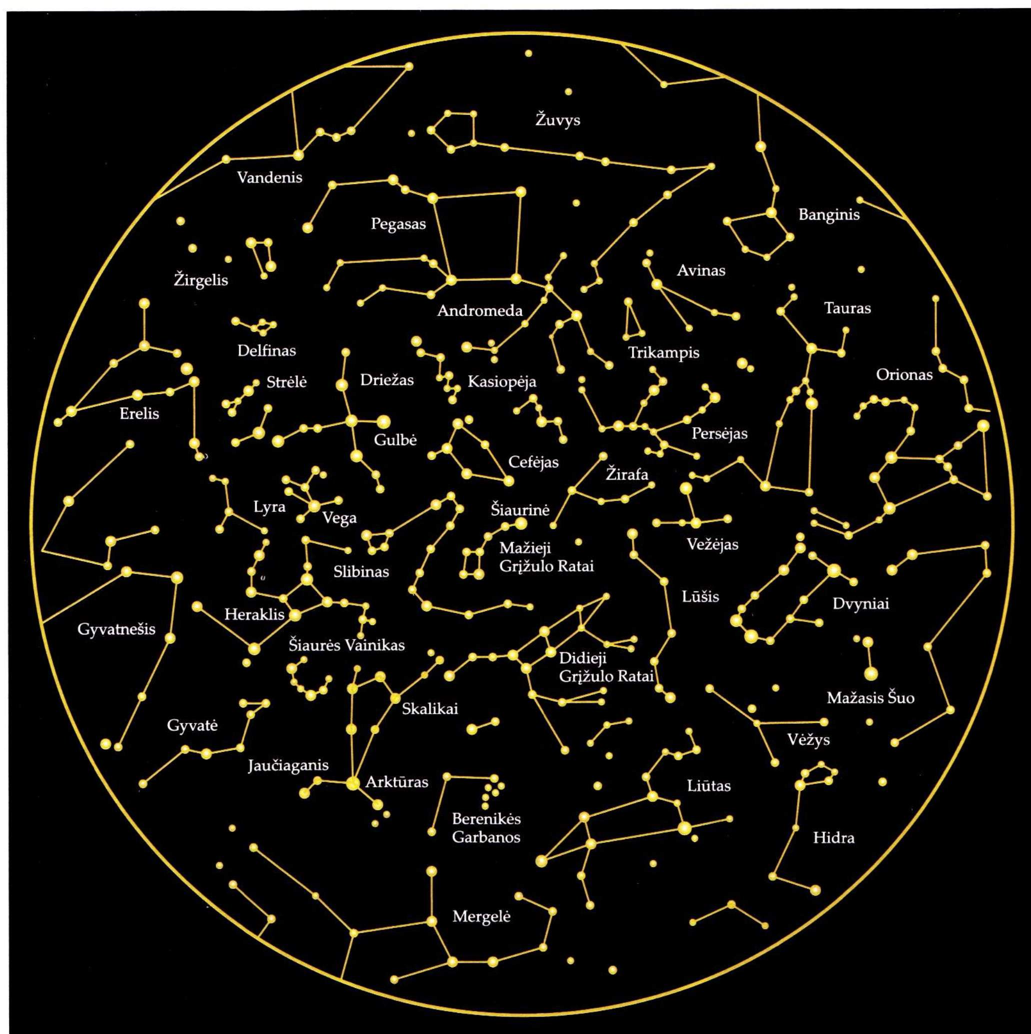
Žvaigždynai

Orientuotis Žemėje mums padeda žemėlapiai, o „nepaklysti" danguje — **žvaigždė́lapiai** (7.39 pav.). 1930 m. Tarptautinės astronomų sąjungos nutarimu dangus suskirstytas į 88 **žvaigždýnus**. Žvaigždynu vadinamas tam tikras dangaus plotas, apribotas su-

Tai įdomu !

- *Ankstesniais amžiais buvo mėginta pakeisti kai kurių žvaigždynų pavadinimus — pavadinti juos valstybių valdovų ar kitokiais vardais, tačiau šio sumanymo nepavyko įgyvendinti.*
- *Lietuvos platumose matyti tik pusė žvaigždynų; 14 pasirodo labai trumpai, o 25 iš viso niekada nematomi.*

7.39 pav.





7.40 pav.

tartos linijos. (Jo analogas Žemėje būtų valstybių sienų ribojama valstybė.)

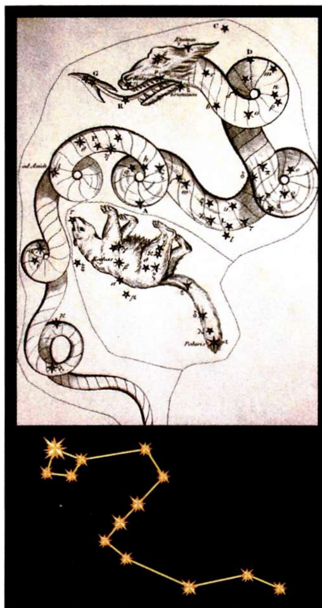
Manoma, kad pirmuosius žvaigždynų pavadinimus sugalvojo chaldėjai ir egiptiečiai. Graikai pirmieji pradėjo sistemingai stebėti dangaus šviesulius. Jų pasiūlyti žvaigždynų pavadinimai vartojami ir šiandien: Herãklis, Oriònas, Perséjas.

1922 m. priimtas lotyniškas žvaigždynų pavadinimas ir jo santrumpa, sudaryta iš trijų raidžių, pavyzdžiui, Didžiū̃jų Grį̃žulo Rãtų žvaigždynas vadinamas Ursa Major, UMa (Didžioji Meška).

Iš senų laikų mus pasiekė ir lietuviški žvaigždynų vardai: Grįžulo Ratai, Septynì Šienpjoviaĩ, Daržẽlis ir kt. Graikai juos atitinkamai vadino Didžiają ir Mažąją Meškà, Orionù, Šiáurės Vainikù.

Sujungus mintyse šviesiausias žvaigždynų žvaigždes, galima įžvelgti įvairias figūras. Jos buvo piešiamos senovės žvaigždėlapiuose ir, apipintos gražiausiomis legendomis, pasiekė mūsų laikus su įprasmintais žvaigždynų vardais. 7.40 paveiksle pavaizduotas Andromèdos, o 7.41 paveiksle — Slìbino žvaigždynas.

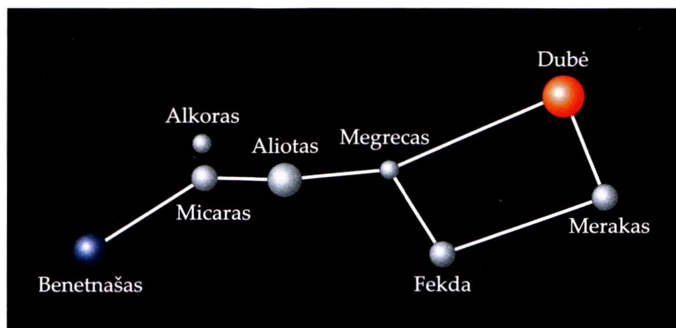
7.41 pav.



Žvaigždės — saulės Visatoje

Žvaigždės — tai didelės masės ir didelio skersmens įkaitusios plazmos rutuliai, sudaryti daugiausia iš vandenilio ir helio su nedidele sunkesnių cheminių elementų priemaiša. (Iš IX klasės kurso prisiminkime, kad plazmà vadinamos jonizuotos dujos, kuriose įvairiaženklių elektringųjų dalelių koncentracija yra vienoda, todėl sistema beveik neutrali.) Žvaigždės skleidžia elektromagnetines bangas (šviesos, ultravioletinius, rentgeno bei infraraudonuosius spindulius) ir elektringąsias daleles (protonus, elektronus ir kt.). Žvaigždžių gelmėse vyksta branduolinės reakcijos, kurių metu vandenilis virsta heliu ir išsiskiria milžiniška energija. Būtent ji palaiko žvaigždžių spinduliavimą.

Žvaigždės yra įvairaus dydžio: jų skersmuo gali būti nuo kelių šimtųjų iki šimtų Saulės skersmenų, o masė — nuo kelių dešimtųjų iki keleto dešimčių Saulės masių (Saulė yra vidutinio dydžio žvaigždė).



7.42 pav.

Atstumai nuo Žemės iki žvaigždžių ir tarp pačių žvaigždžių yra neįsivaizduojamai dideli. Jų šviesa keliauja iki mūsų keletą, keliolika ar net tūkstančius metų. Antai Saulės šviesa pasiekia Žemę per 8 min 19 s, o kitos artimiausios žvaigždės, Kentáuro Pròksimos, — tik per 4,27 metų. Todėl atstumą iki žvaigždžių yra įprasta reikšti ne kilometrais, o *šviẽsmečiais* (sutrumpintai šm), t. y. atstumu, kurį šviesa nueina per metus.

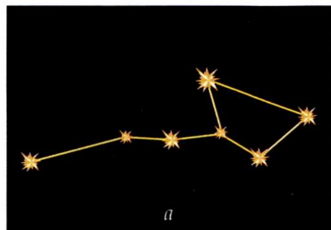
Stebint iš Žemės plika akimi Didžiuosius Grįžulo Ratus, atrodo, kad atstumas iki visų šio žvaigždyno žvaigždžių yra vienodas (7.42 pav.). Iš tikrųjų taip nėra: Dùbė nutolusi nuo Saulės per 105 šm, Merãkas — per 78 šm, Fekdà — per 90 šm, Megrècas — per 63 šm, Aliòtas — per 68 šm, Micãras — per 88 šm, Benetnãšas — per 210 šm.

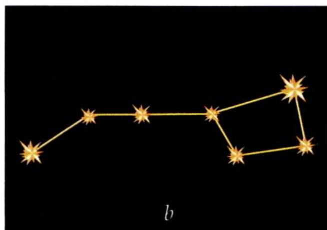
Didžiųjų Grįžulo Ratų septynios žvaigždės skrieja beveik lygiagrečiais keliais, tačiau nevienodu greičiu ir skirtingomis kryptimis. Dėl to iš Žemės matoma žvaigždyno figūra pamažu kinta. 7.43 paveiksle pavaizduota Didžiųjų Grįžulo Ratų išvaizda prieš 100 000 metų (*a*), dabar (*b*) ir po 100 000 metų (*c*).

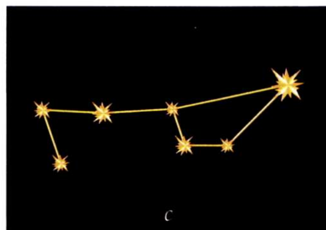
Tai įdomu !!

- *Jei kosminėje erdvėje galėtų sklisti garsas, tai aidas nuo Saulės grįžtų tik per 28 metus, reaktyvinis lėktuvas, skrendantis 800 km/h greičiu, Saulę pasiektų po 21 metų.*
- *Jei Saulę vaizduojantį žirnelį padėtume Šiauliuose, tai Kentauro Proksima atsidurtų už 150 km, pavyzdžiui, Kretingoje.*
- *Saulės aplinkoje esančios žvaigždės nutolusios viena nuo kitos vidutiniškai per 6—8 šm. Saulę pavaizdavus 0,5 cm dydžio skrituliuku, vidutiniai atstumai tarp žvaigždžių būtų apie 250 km.*
- *Netoli Didžiųjų Grįžulo Ratų Micaro žvaigždės spindi blyški Alkòro žvaigždutė. Kas mato Alkorą, to regėjimas pakankamai geras. Šių žvaigždžių arabiško pavadinimo prasmė tokia: Micaras — žirgas, Alkoras — raitelis. Tarp „žirgo" ir „raitelio" tik ... 2550 mlrd. km. Kosminiu mastu tai nedidelis atstumas.*

7.43 pav.







7.11. Paukščių Takas ir kitos galaktikos

Tai įdomu ! !

- *Visos mūsų Galaktikos masė yra apie 3 · 10^{41} kg. Ji prilygsta maždaug keliems šimtams milijardų Saulės masių.*
- *Manoma, kad Galaktikos centre yra juodoji skylė, kurios masė 2—3 mln. Saulės masių.*

Paukščių Takas

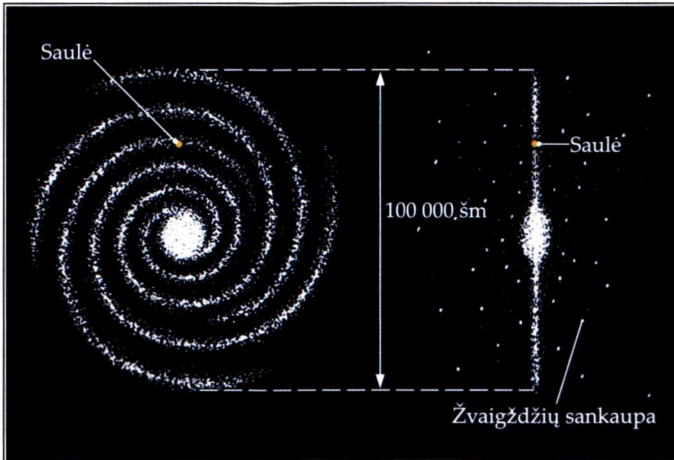
Giedrą naktį galima stebėti per visą dangų nusidriekusią blyškiai švytinčią juostą, vadinamą **Paũkščių Takù**. Įvairiais metų laikais dangaus skliaute matoma vis kitokia jo dalis, pavyzdžiui, žiemos danguje jis driekiasi per Kasiopéją, Persėją, Vežéją, tarp Dvynių ir Oriono Vienarãgio ir Laivãgalio link.

Ši juosta Paukščių Taku buvo pavadinta dėl to, kad rudens ir pavasario vakarais driekiasi iš šiaurės rytų į pietvakarius — maždaug sutampa su kryptimi, kuria rudenį išskrenda, o pavasarį parskrenda paukščiai. Tarptautinis Paukščių Tako pavadinimas yra Píeno Kẽlias (*Milky Way*). Pasak graikų mito, iš deivės Hèros, nesutikusios maitinti Heraklio, krūtų ištryškęs pienas nusidriekė išilgai dangaus skliauto. Kas gi iš tikrųjų yra Paukščių Takas?

Jo prigimtį mėginta paaiškinti dar senovės Graikijoje, tačiau VI a. pr. Kr. pirmasis teisingai ją suprato P i t a g o r a s. Jis tvirtino, kad tai yra labai gausus silpnai šviečiančių žvaigždžių telkinys. 1609 m. išradęs teleskopą, G a l i l ė j a s G a l i l ė j u s patvirtino, kad Paukščių Takas sudarytas iš žvaigždžių. Galutinai jo sandara buvo paaiškinta tik XX a. trečiajame dešimtmetyje.

Paukščių Takas — tai ne tik milžiniškos žvaigždžių sankaupos vaizdas iš šios sankaupos vidaus. Kartu jis yra daugelio žvaigždžių projekcija dangaus skliaute. Erdvinė tų žvaigždžių sistema vadinama **Galãktika** (gr. *galaktikos* — pieniškas, pieninis). Ją sudaro apie 400 mlrd. žvaigždžių. Panašių tolimesnių galaktikų, pasklidusių Visatoje įvairiomis kryptimis nuo jos, yra ir daugiau.

Jei į mūsų Galaktiką pasisektų žvilgtelėti iš šalies dideliu atstumu, ji atrodytų kaip didžiulis iškilas

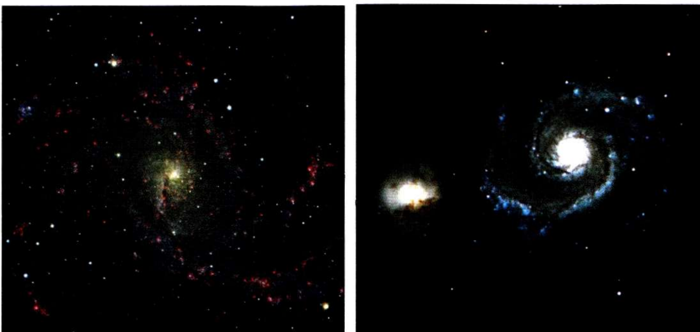


7.44 pav.

plonais pakraščiais lęšis, nuo kurio vieno krašto iki kito yra apie 100 000 šm (7.44 pav.). Pakraščiuose jo storis siekia vos kelis šimtus šviesmečių. Arti centro toks „lęšis" sustorėja, virsta dideliu 3000—6000 šm spindulio suplotu kamuoliu. Tai centrinis žvaigždžių telkinys, kuriame žvaigždės susispietusios keletą kartų tankiau negu prie Saulės. Galaktikos „lęšį" gaubia apie 80 000 šm spindulio sferòidas (gr. *sphaira* — rutulys + *eidos* — pavidalas) — suplotas rutulys, kuriame yra tik 5 % visų Galaktikos žvaigždžių. Už šio sferoido dar yra 700 000 šm spindulio Galaktikos vainikas, sudarytas iš tolimų žvaigždžių sankaupų ir neišaiškintos kilmės nematomos medžiagos.

Kaip atrodytų mūsų Galaktika iš išorės, galbūt galima įsivaizduoti pagal gretimų galaktikų nuotraukas (7.45 pav., *a* — galaktika, žymima NGC 6946, 7.45 pav., *b* — galaktika M 51).

7.45 pav.





7.46 pav.

32 000 šm atstumu nuo Galaktikos centro yra Saulė, kuri su visa savo sistema aplink šį centrą skrieja 220 km/s greičiu. Vieną ratą aplink Galaktikos centrą, esantį Šaulio žvaigždyno kryptimi, Saulė padaro per 230 milijonų žemiškųjų metų. Tiek trunka galaktiniai metai. Per savo gyvavimo 5 milijardų metų laikotarpį ji apskriejo Galaktikos centrą tik 20 kartų. Tuo laikotarpiu formavosi ir visa Saulės sistema, kuri yra vos 4,7 galaktinių metų amžiaus.

Nuo aplinkinių žvaigždžių visumos Saulė tolsta 16 km/s greičiu Heraklio žvaigždyno link.

Kitos galaktikos

Be mūsų Galaktikos, Visatoje yra daugybė panašių žvaigždžių sistemų. Jų buvimą įrodė JAV astronomas Edvinas Hablis (*Edwin Hubble*, 1889—1953). Pro galingus šiuolaikinius teleskopus matyti milijonai galaktikų, nutolusių nuo mūsų milijonų ir milijardų šviesmečių atstumu. Plika akimi Lietuvoje matoma vienintelė galaktika — **Didỹsis Andromèdos ū̃kas**, arba M 31 (7.46 pav.).

Pagal išvaizdą galaktikos skirstomos į spiralines, elipsines ir netaisyklingąsias. Daugiausia yra spiralinių galaktikų, panašių į mūsiškį Paukščių Taką. Ryškiausias jų bruožas — spiralinės vijos, atsišakojusios nuo spindinčio centrinio branduolio. Elipsi-

nės galaktikos primena suveltą kuodą, o netaisyklingosiose neįmanoma įžvelgti jokios simetrijos.

Kaip ir žvaigždės, galaktikos erdvėje išsidėsčiusios netolygiai. Jos telkiasi į grupes ar net spiečius, susidedančius iš šimtų ir tūkstančių galaktikų. Mūsų galaktika taip pat priklauso mažam spiečiui, kuris vadinamas Vietine galaktikų grupe.

Visatos plėtimasis

Stebint galaktikų spektrus, išsiaiškinta, kad galaktikos dideliu greičiu tolsta nuo mūsų, taigi Visata plečiasi. 1929 m. Hablis nustatė, kad galaktikų tolimo greitis yra tiesiogiai proporcingas atstumui R iki jų:

$$v = HR;$$

čia H — vadinamoji Hãblio konstánta, kurios vertė yra tarp $\frac{50 \text{ km/s}}{3261600 \text{ šm}}$ ir $\frac{100 \text{ km/s}}{3261600 \text{ šm}}$. Iš šio dėsnio išplaukia: kuo toliau nuo mūsų yra galaktika, tuo greičiau ji tolsta.

Pagal Hablio dėsnį galima apskaičiuoti atstumą iki tolimųjų galaktikų. Pavyzdžiui, 1988 m. atrasta už 11,95 mlrd. šm esanti galaktika, kuri tolsta greičiu $v = 274\ 851$ km/s (tai sudaro 91,7 % šviesos greičio).

Plėtimasis būtų stebimas iš bet kurio kito Visatos taško.

Didysis Sprogimas

Jei Visata plečiasi tam tikru greičiu ir atstumai tarp galaktikų didėja, tai pagal Hablio dėsnį galima apskaičiuoti ir to plėtimosi pradžią. Pasirodo, tai galėjo atsitikti maždaug prieš 13 milijardų metų. Spėjama, kad tada įvyko **Didỹsis Sprogìmas** — Visata susidarė iš milžiniškos masės kūno, kuris sprogo dėl nežinomos priežasties. Šio sprogimo pasekmės matyti ir šiandien — galaktikos bėga viena nuo kitos. Tai tik supaprastinta įvykių schema. Šių dienų astronomijos mokslas viską nušviečia daug detaliau, nors ir dabar dar ieškoma atsakymų į daugybę neatsakytų klausimų.

Užduotys



1. Ką nagrinėja astronomija?

2. Kodėl astronomijos mokslas atsirado dar prieš Kristaus gimimą senųjų valstybių klestėjimo laikais?

3. Trumpai apibūdinkite astronomijos mokslo raidą Lietuvoje.

4. Kuo reikšminga astronomija šių dienų mokslui, technikai, praktikai?

5. Giedrais vakarais pasidairykite po žvaigždėtą dangų. Raskite jame Šiaurinę žvaigždę, Jaučiaganio žvaigždyno Arktūrą, šalia Didžiųjų Grįžulo Ratų Micaro esantį Alkorą.

6. Giedrą naktį kas 2—3 h stebėkite danguje netoli Šiaurinės žvaigždės esančias žvaigždes (žr. 5 užduotį). Kas pasikeitė?

7. Kas yra astronominis vienetas?

8. Per kiek laiko Saulės spindulys pasiekia Žemę?

9. Kokias žinote planetų grupes?

10. Išvardykite Saulės sistemos kūnus.

11. Kodėl Veneroje nesikeičia metų laikai?

12. Kodėl Veneroje labai karšta?

13. Žemę laikydami rutuliu, kurio spindulys 6400 km, o masė $6 \cdot 10^{24}$ kg, apskaičiuokite vidutinį Žemės tankį.

14. Per kiek laiko patrankos sviedinys nulėktų iš Žemės į Mėnulį, jeigu jo greitis visą laiką būtų lygus 800 m/s? Atstumas nuo Žemės iki Mėnulio lygus 38 400 km.

15. Į Mėnulį pasiųstas radijo signalas grįžo į Žemę po 2,56 s. Apskaičiuokite atstumą nuo Žemės iki Mėnulio.

16. Kuo skiriasi didžiosios planetos nuo Žemės grupės planetų?

17. Tardami, kad vidutinis atstumas nuo Saulės iki Plutono lygus 40 av, apskaičiuokite, kiek laiko Saulės šviesa sklinda iki šios planetos.

18. Kurios planetos kalnai yra aukščiausi?

19. Kuri planeta lengvesnė už tokio pat tūrio vandens telkinį?

20. Koks bendras reiškinys vyksta susidarant debesims įvairiose planetose?

21. Kurioje Saulės sistemos vietoje skrieja daugiausia asteroidų?

22. Kuo skiriasi meteorai nuo meteoritų?

23. Ar galima Mėnulyje stebėti meteorus?

24. Kuo skiriasi Saulės ir planetų švytėjimas?

25. Ar Žemėje galėtume stebėti metų laikų kaitą, jeigu jos sukimosi ašis būtų statmena orbitos plokštumai?

26. Kokie stebėjimai rodo, kad, Žemei skriejant orbita, sukimosi ašies kryptis nesikeičia?

27. Dangaus šviesulys pateka tiksliai rytuose. Kur jis bus po 12 h?

28. Ar visada Saulė teka tiksliai rytuose ir leidžiasi vakaruose?

29. Kuriame horizonto taške Saulė teka kovo 21 d.; rugsėjo 23 d.?

30. Saulė ką tik patekėjo Ignalinoje. Ar ji jau teka Šilutėje?

31. Ar yra Žemėje vieta, kurioje žmogus, kad ir užrištomis akimis, visada ras pietus?

32. Kuriomis metų dienomis stebėtojas, esantis Žemės pusiaujyje, Saulę mato pakilusią aukščiausiai?

33. Kodėl Šiaurinė žvaigždė beveik nekeičia savo padėties horizonto atžvilgiu?

34. Ar galima pamatyti žvaigždę tarp Mėnulio „ragų"?

35. Kodėl iš Žemės matoma tik viena Mėnulio pusė?

36. Kuria kryptimi Mėnulis juda žvaigždžių atžvilgiu?

37. Kurią Žemės fazę matytų kosmonautas Mėnulyje per jo pilnatį?

38. Kokios fazės būna Mėnulis jo užtemimo metu?

39. Kokios fazės būna Mėnulis Saulės užtemimo metu?

40. Kodėl Saulės ir Mėnulio užtemimai vyksta gana retai?

41. Saulės užtemimai vyksta dažniau negu Mėnulio. Tad kodėl Saulės užtemimus matome rečiau, o Mėnulio — dažniau?

42. Kas įvyktų per kiekvieną jaunatį, jeigu sutaptų Žemės ir Mėnulio orbitų plokštumos?

43. Kurį Saulės disko pakraštį (rytinį ar vakarinį) pirmiausia „paliečia" Mėnulis Saulės užtemimo metu?

44. Ką matytų kosmonautas, jeigu Mėnulyje būtų tuo metu, kai Žemėje vyksta visiškas Saulės užtemimas?

45. Kokį reiškinį stebėtų kosmonautas, būdamas Mėnulyje jo užtemimo metu?

46. Kokią šviesiausią žvaigždę mato Šiaurės pusrutulio gyventojai?

47. Apskaičiuokite atstumą nuo Žemės iki vienos Kentauro žvaigždyno žvaigždės, žinodami, kad jos šviesa pasiekia Žemę per 4,27 metų.

48. Pati šviesiausia Sirijaus žvaigždė nutolusi nuo Žemės $8{,}4 \cdot 10^{13}$ km atstumu. Per kiek laiko Sirijaus šviesa pasiekia Žemę?

49. Ar žvaigždynai iš Marso atrodytų taip pat, kaip ir iš Žemės?

50. Kaip nustatoma žvaigždyno, kuriame yra Saulė, padėtis, jei dieną žvaigždžių nematyti?

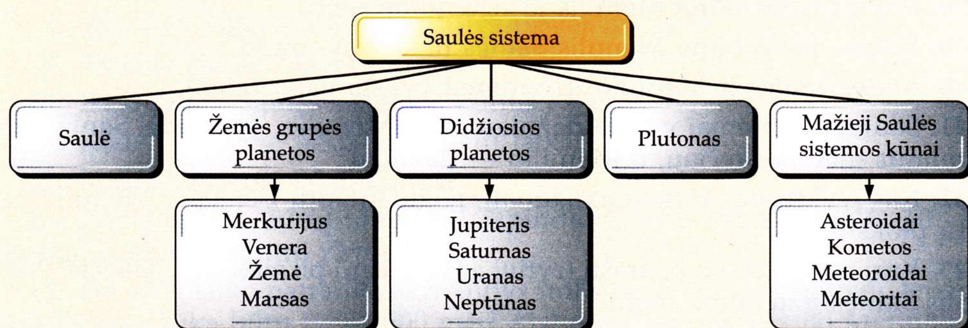
51. Kokie žvaigždynai vadinami Zodiako žvaigždynais?

Snaudžia tuopų miškai. Tykūs, tykūs laukai ...
Nakties toliai bekraščiai vaidinasi ...
Pilnos erdvės žvaigždžių, — jų skaisčiu drabužiu
Amžinybės bedugnė dabinasi.

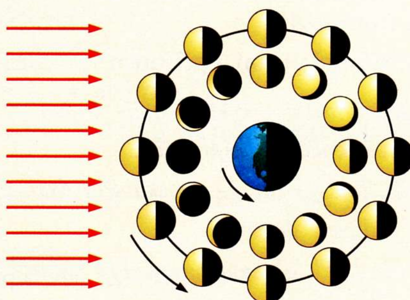
J. Baltrušaitis. Žemės laiptai

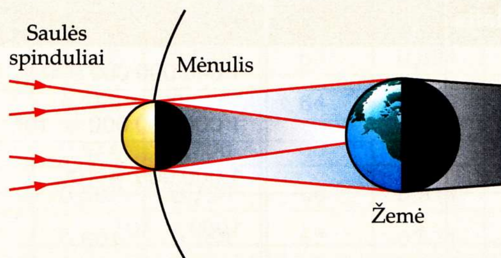
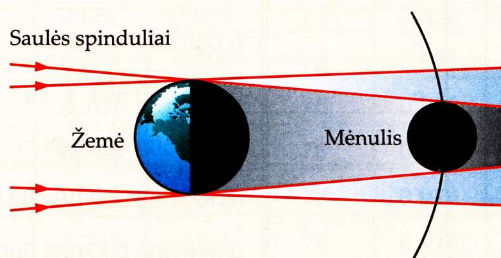
Skyriaus „Astronomijos pradmenys“ santrauka

Astronomija	Astronomija vadinamas mokslas, tiriantis dangaus kūnų sandarą, kilmę, raidą, padėtį danguje ir judėjimą. Astronomijoje vartojami šie ilgio vienetai: • 1 av = 149 597 870 km (vidutinis nuotolis nuo Žemės centro iki Saulės centro); • 1 šm = $9{,}46 \cdot 10^{12}$ km = 63 240 av (atstumas, kurį šviesa nueina per metus).



Regimasis dangaus kūnų judėjimas	Metų laikų kaitą Žemėje lemia: • 23,5° kampas tarp Žemės sukimosi ašies ir statmens jos orbitos plokštumai; • Žemės skriejimas aplink Saulę; • nekintama Žemės ašies kryptis erdvėje. Dienos ir nakties kaitą lemia Žemės sukimasis apie savo ašį iš vakarų į rytus. Mėnuliui judant danguje iš vakarų į rytus, keičiasi jo išvaizda, arba fazės: • jaunaties; • priešpilnio; • pilnaties; • delčios.



Saulės užtemimas	Kai Mėnulis meta šešėlį į Žemę, įvyksta visiškas Saulės užtemimas. Kur ant Žemės krinta Mėnulio pusšešėlis, matomas dalinis Saulės užtemimas. 
Mėnulio užtemimas	Mėnulio užtemimas vyksta tada, kai visas Mėnulis arba dalis jo patenka į Žemės šešėlį. Tai gali atsitikti tik esant pilnačiai. 
Žvaigždynai	Žvaigždynas — dangaus plotas, apribotas sutartos linijos. Visas dangus padalytas į 88 žvaigždynus.
Paukščių Takas	Paukščių Taku vadinama šviesi juosta danguje. Tai daugybės akimi neįžiūrimų žvaigždžių sankaupa.
Visatos plėtimasis	Visata plečiasi greičiu $v = HR$; čia v — Visatos plėtimosi greitis, H — Hablio konstanta, R — atstumas nuo Žemės iki pasirinkto Visatos taško.
Didysis Sprogimas	Didysis Sprogimas laikomas Visatos plėtimosi pradžia. Manoma, kad jis įvyko maždaug prieš 13 milijardų metų.

Priedai

Kartotinių ir dalinių vienetų sudarymo lentelė

Sudurtinio žodžio dalis	Jo simbolis	Daugiklis	Daugiklio pavadinimas
Tera-	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}	Trilijonas
Giga-	G	1 000 000 000 = 10^{9}	Milijardas
Mega-	M	1 000 000 = 10^{6}	Milijonas
Kilo-	k	1000 = 10^{3}	Tūkstantis
Hekto-	h	100 = 10^{2}	Šimtas
Deka-	da	10 = 10^{1}	Dešimtis
Deci-	d	0,1 = 10^{-1}	Viena dešimtoji
Centi-	c	0,01 = 10^{-2}	Viena šimtoji
Mili-	m	0,001 = 10^{-3}	Viena tūkstantoji
Mikro-	μ	0,000 001 = 10^{-6}	Viena milijonoji
Nano-	n	0,000 000 001 = 10^{-9}	Viena milijardoji
Piko-	p	0,000 000 000 001 = 10^{-12}	Viena trilijonoji
Femto-	f	0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}	Viena kvadrilijonoji
Ato-	a	0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	Viena kvintilijonoji

Kampų nuo 0° iki 90° sinusai ir tangentai

Laipsniai	Sinusai	Tangentai	Laipsniai	Sinusai	Tangentai	Laipsniai	Sinusai	Tangentai
0	0,000	0,000	31	0,515	0,601	61	0,875	1,804
1	0,017	0,017	32	0,530	0,625	62	0,883	1,881
2	0,035	0,035	33	0,545	0,649	63	0,891	1,963
3	0,052	0,052	34	0,559	0,675	64	0,899	2,050
4	0,070	0,070	35	0,574	0,700	65	0,906	2,145
5	0,087	0,087	36	0,587	0,726	66	0,914	2,246
6	0,105	0,105	37	0,601	0,754	67	0,921	2,356
7	0,122	0,123	38	0,615	0,781	68	0,927	2,475
8	0,139	0,141	39	0,629	0,810	69	0,934	2,605
9	0,156	0,158	40	0,642	0,839	70	0,940	2,747
10	0,174	0,176	41	0,656	0,869	71	0,946	2,904
11	0,191	0,194	42	0,669	0,900	72	0,951	3,078
12	0,208	0,213	43	0,682	0,933	73	0,956	3,271
13	0,225	0,231	44	0,694	0,966	74	0,961	3,487
14	0,242	0,249	45	0,707	1,000	75	0,966	3,732
15	0,259	0,268	46	0,719	1,036	76	0,970	4,011
16	0,276	0,287	47	0,731	1,072	77	0,974	4,331
17	0,292	0,306	48	0,743	1,111	78	0,978	4,705
18	0,309	0,325	49	0,755	1,150	79	0,982	5,145
19	0,326	0,344	50	0,766	1,192	80	0,985	5,671
20	0,342	0,364	51	0,777	1,235	81	0,988	6,314
21	0,358	0,384	52	0,788	1,280	82	0,990	7,115
22	0,375	0,404	53	0,798	1,327	83	0,993	8,144
23	0,391	0,424	54	0,809	1,376	84	0,995	9,514
24	0,407	0,445	55	0,819	1,428	85	0,996	11,43
25	0,423	0,466	56	0,829	1,483	86	0,998	14,30
26	0,438	0,488	57	0,838	1,540	87	0,9986	19,08
27	0,454	0,510	58	0,848	1,600	88	0,9994	28,64
28	0,469	0,532	59	0,857	1,664	89	0,9998	57,29
29	0,485	0,554	60	0,866	1,732	90	1,000	∞
30	0,500	0,577						

Užduočių atsakymai

1.2. **1.** 1 mV. **2.** 10 V. **3.** 1,6 kV. **4.** 2 Wb/s. **5.** 800 vijų.

1.3. **6.** 100 vijų.

1.4. **2.** 0,4 H. **3.** 300 A/s. **4.** 20 mV. **5.** 20 V.

1.5. **4.** 0,02 s. **5.** ≈ 0,018 s. **6.** 10 A. **7.** ≈ 310 V.

1.7. **1.** 1,1 kV. **2.** 1,5 kV. **3.** 3750 vijų. **5.** 4 V. **6.** 4,4 A. **7.** 0 V. **10.** 2,5 A.

2.1. **2.** Padidėjo 3 kartus. **3.** Padidės 1,5 karto. **4.** $3{,}8 \cdot 10^{-6}$ s. **5.** 3,4 μF.

2.3. **1.** Per 0,0024 s. **2.** 80 m. **3.** 300 kHz. **4.** 500 kHz. **5.** 665 kHz.

2.4. **1.** 800 kHz. **8.** 50 μF.

2.5. **2.** 8,75 km/s. **4.** $3 \cdot 10^{-3}$ m. **5.** 300 km. **6.** Per 6 min 7 s.

3.1. **1.** Per 8 min 20 s. **2.** a) 7,5 karto; b) per 0,13 s. **3.** ≈ $9{,}5 \cdot 10^{12}$ km. **4.** ≈ $2{,}4 \times 10^{15}$ km. **5.** Per 125 paras.

3.2. **2.** 25 lx. **3.** ≈ 104 lx. **5.** 0,097 lm. **6.** 243 cd. **7.** 70,3 cd. **8.** ≈ 1,6 m atstumu. **9.** ≈ 1,4 m aukštyje. **10.** 6 lx.

3.3. **5.** 65°. **7.** 45°; 30°. **11.** 4 m.

3.4. **7.** 1,31. **8.** Maždaug 22° kampu. **9.** Apytiksliai 34° kampu. **10.** $2{,}3 \cdot 10^{8}$ m/s; $1{,}5 \cdot 10^{8}$—$2 \cdot 10^{8}$ m/s.

3.5. **1.** 12°. **2.** 1,53. **3.** ≈ 59°.

1-asis l. d. **2.** ≈ 39°. **3.** ≈ 62°. **5.** ≈ 73,8 cm. **6.** ≈ $1{,}99 \cdot 10^{8}$ m/s.

4.1. **7.** 1,25 m, 40 cm ir 10 cm. **8.** ≈ 11,1 D; ≈ 7,7 D.

4.3. **1.** ≈ 6,7 D; 15 cm. **2.** 60 cm atstumu; 2. **3.** 30 cm; 20 cm. **4.** ≈ 3,4 cm; tikrasis, apverstas ir sumažintas. **5.** ≈ 6 m. **6.** –10 cm; menamasis, sumažintas ir neapverstas; 5 cm. **7.** 80 cm atstumu nuo lemputės; 60 cm.

2-asis l. d. **1.** Gali. **2.** 10 cm. **3.** 1,2 m. **5.** 80 cm; 1. **6.** ≈ 10 cm. **7.** 0,25 D; 100 D. **8.** 50 cm; 40 cm.

4.5. **1.** ≈ 1 m. **2.** 24 m. **3.** 360 m.

3-iasis l. d. **1.** 12 cm. **2.** ≈ 18,8 cm.

5.2. **1.** 800 nm. **2.** $8{,}11 \cdot 10^{14}$ Hz.

5.4. **3.** Maksimumas. **4.** Minimumas.

5.5. **4.** $5{,}7 \cdot 10^{-7}$ m. **5.** $d \geq 0{,}02$ cm. **6.** 15°. **7.** 1°10′.

6.1. **2.** $4 \cdot 10^{-19}$ J. **3.** $4 \cdot 10^{-19}$ J. **4.** ≈ $2 \cdot 10^{-17}$ J. **5.** $2 \cdot 10^{-20}$ J. **6.** $9{,}9 \cdot 10^{-9}$ m; ultravioletiniams. **7.** Rentgeno spindulių. **8.** $6{,}6 \cdot 10^{-19}$ J. **10.** $1{,}7 \cdot 10^{-19}$ J.

6.2. **1.** a) 199 protonų ir 20 neutronų. **2.** a) Ličio; b) vario. **3.** 30 elektronų; 35 neutronai.

6.3. **4.** Ni branduolys — iš 28 protonų ir 32 neutronų, Be branduolys — iš 4 protonų ir 5 neutronų.

6.4. **1.** a) Deguonis; b) uranas. **2.** $8 \cdot 10^{-18}$ C. **3.** a) $^{0}_{-1}n$; b) $^{4}_{2}He$.

7 skyrius **8.** Per 8,3 min. **13.** $5{,}5 \cdot 10^{3}$ kg/m^{3}. **14.** Per 5,5 paros. **15.** 384 000 km. **17.** 5,5 h. **47.** $4{,}02 \cdot 10^{13}$ km. **48.** Per 8,9 m.

Panaudotų iliustracijų šaltiniai

M. Faradėjaus portretas http://www.sil.si.edu/digitalcollections/hst/scientific-identity/fullsize/SIL14-F001-02a.jpg

1.3 pav., *a*, *b* Umwelt: Physik: Ausgabe Baden-Württemberg / Bearbeiten von *R. Duit, A. de Fries, J. Leupold* u. a. Stuttgart: Ernst Klett Verlag GmbH & Co., 1989.

1.27 pav., *a*, *b* *Hammer A., Knauth H., Kühnel S.* u. a. Physik. Jahrgangsstufe 10: Ausgabe A Fundamentum. München: Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH, 2004.

1.28 pav. *Valentinavičius V.* Fizika: Vadovėlis X klasei. Kaunas: Šviesa, 2001.

1.29 pav., *a*, 1.31 pav. Elvio Zovės nuotraukos.

1.33 pav. http://www.norden.org/webb/imagedb/files/2004-12-17/IGNALINA%20ATOMKRAFTVERK.JPG: EPA PHOTO

1.34 pav., 1.35 pav. Zenith-Film A/S Scandinavia, Norway.

2.1 pav., *b* *Tarasonis V.* Fizika. III dalis: Vadovėlis XII klasei. Vilnius: Žiburio leidykla, 1998.

2.1 pav., *c* Elvio Zovės nuotrauka.

2.12 pav., *a* Elvio Zovės nuotrauka.

Dž. K. Maksvelo portretas http://www.sil.si.edu/digitalcollections/hst/scientific-identity/fullsize/SIL14-M002-11a.jpg

H. Herco portretas http://www.nrao.edu/whatisra/images/hertz.jpg

2.32 pav. http://pics.bothner.com/2002/RadioTelescope/RadioTelescope14r.jpg

3.2 pav. Physik plus. Gymnasium Klasse 6 Sachsen / Herausgegeben von *H. Mikelskis und H.-J. Wilke.* Berlin: Volk und Wissen Verlag GmbH, 2002.

3.9 pav. http://ruby-electronics.com/productimages/LUXMETR-003.jpg

3.15 pav. http://www.thuringenmilitaria.com/pictures/panzerscope.jpg

3.17 pav. http://ki.itigo.jp/marli/mudskipperland/images/africanmudskipper04.jpg

3.29 pav. Spektrum Physik. Gymnasium SI. Gesamtband / Bearbeiten von *T. Appel, J. Bissel, F. Eiselt* u. a. Hannover: Schroedel Verlag GmbH, 2005.

4.8 pav. *Valentinavičius V.* Fizika: Vadovėlis X klasei. Kaunas: Šviesa, 2001.

4.12 pav., *a* Physik. Um die Welt zu begreifen: Ein Lehrbuch für die Jahrgangstufen 7 und 8 Niedersachsen / von *R. Duit, P. Häußler, H. Mikelskis* und *W. Westphal.* Frankfurt am Main: Verlag Moritz Diesterweg GmbH & Co., Bühl: Konkordia Verlag, 1994.

4.31 pav., *a* Physik plus. Gymnasium Klasse 6 Sachsen / Herausgegeben von *H. Mikelskis* und *H.-J. Wilke*. Berlin: Volk und Wissen Verlag GmbH, 2002.

4.39 pav. http://www.nuhsbaum.com/DM1000.jpg

4.41 pav., *c* Edmundo Ginučio Meišto nuotrauka (VU TFAI).

4.44 pav. Physik. Um die Welt zu begreifen: Ein Lehrbuch für die Jahrgangsstufen 7 und 8 Niedersachsen / von *R. Duit, P. Häußler, H. Mikelskis* und *W. Westphal*. Frankfurt am Main: Verlag Moritz Diesterweg GmbH & Co., Bühl: Konkordia Verlag, 1994.

4.45 pav. http://www.ilexikon.com/images/b/bc/Camera_obscura_2.jpg

5.11 pav. http://www.woodfieldfarm.com/Greenhouse%20inside2.jpg

5.12 pav., *a* http://www.cobra-optics.co.uk/images/nebula.jpg

5.12 pav., *b* http://www.defence.gov.au/raaf/images/for_site/wallpaper/night_vision_1152.jpg

V. K. Rentgeno portretas http://www.uni-giessen.de/uni/broschuere/geschichte-Roentgen.jpg

5.14 pav. Photo Disc.

5.21 pav. *Charlot R., Gaugeon J., Walter C.* Physique 1reS / 1reE. Paris. 1982.

T. Jungo portretas http://www.astrocosmo.cl/imagenbi/youngi.jpg

5.29 pav. *Jonynienė V.* Mūsų pasaulis: Vadovėlis III klasei. Kaunas: Šviesa, 2004.

5.30 pav. Photo Disc.

A. Einšteino portretas http://utf.mff.cuni.cz/Relativity/SCAN/EINST05.jpg

6.3 pav. http://www.chernobil.com.ru/img/pic75-0009.jpg

6.16 pav. *Valentinavičius V.* Fizika: Vadovėlis X klasei. Kaunas: Šviesa, 2001.

6.19 pav. *Feuerlein R., Näpfel H., Schäflein H.* BSV Physik 1 + 2 + 3: Gesamtausgabe. München: Bayerischer Schulbuch-Verlag. 1988.

7.1 pav. *Valentinavičius V.* Fizika: Vadovėlis X klasei. Kaunas. Šviesa, 2001.

7.2 pav. http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/~gbaume/ag/imagenes/modelos/geocentric-a.jpg

7.5 pav. Rimos Budreckienės nuotrauka.

M. Koperniko portretas http://www.copernicus.net/jpg16A.jpg

7.10 pav., *a* http://www.planetary.org/mercury/images/mercury_map_airbrush_usgs_orthographic _1800x1800.jpg

7.10 pav., *b* http://celestiamotherlode.net/creators/johnvanvliet/4kMercury.zip

7.11 pav., *a* http://photojournal.jpl.nasa.gov/tiff/PIA00104.tif

7.11 pav., *b* ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/hi-res/planetary/venusmagellan_ p39326. tiff

7.12 pav. Photo disc.

7.14 pav. http://www.nasa.gov/images/content/111096main_image_feature_289_ajhfull.jpg

7.15 pav. http://photojournal.jpl.nasa.gov/tiff/PIA00405.tif

7.16 pav. *Valentinavičius V.* Fizika: Vadovėlis X klasei. Kaunas: Šviesa, 2001.

7.17 pav. ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/miscellaneous/planetary/viking/images/vom_ mg01s306.tiff

7.18 pav., *a* http://images.spaceref.com/news/2004/P2302.lrg.jpg

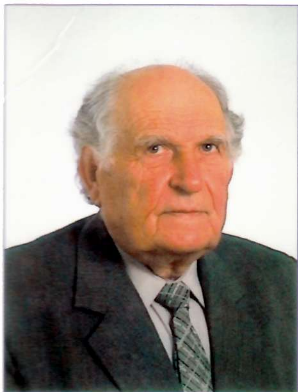
7.18 pav., *b* http://esamultimedia.esa.int/images/marsexpress/113-280904-0532-6-3d2-01-HuygensRim_H.jpg

7.19 pav.	ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/hi-res/planetary/jupiter/hst_jupiter_9929.tiff
7.20 pav.	http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA06193
7.21 pav.	Copyright. Calvin J. Hamilton. 2004.
7.22 pav.	http://photojournal.jpl.nasa.gov/tiff/PIA01492.tif
7.23 pav.	http://www.shatters.net/~t00fri/images/pluto-comp4.jpg
7.24 pav.	Essential Atlas of Astronomy / Parramons editorial team. Barcelona: Barron's Educational Series Inc., 2002.
7.25 pav.	http://www.ifa.hawaii.edu/~wang/gallery/picutres/Hale-Bopp-large.jpg
7.27 pav.	*Valentinavičius V.* Fizika: Vadovėlis X klasei. Kaunas: Šviesa, 2001.
7.28 pav., *a*	http://portail.imcce.fr/en/presentation/equipes/GAP/membres/JV/images/Meteor_ Crater/0003.jpg
7.28 pav., *b*	http://www.richardcrouse.com/crouse/barringer.jpg
7.29 pav.	http://www.omniplan.hu/2004-SA/Day11-Tsumeb-Hoba-Okavango/P1060308-HobaMeteorite.jpg
7.32 pav.	http://science.nasa.gov/headlines/y2004/images/geminids2004/Westlake1.jpg
7.35 pav.	(Mėnulio fazių nuotraukos) http://djoye.chez.tiscali.fr
7.36 pav., *b*	http://kentbiggs.com/images/Moon.Eclipse33.jpg
7.36 pav., *c*	http://kentbiggs.com/images/Moon.Eclipse.jpg
7.37 pav., *b*	http://www.capefearastro.org/resources/Bucc_ecl81199.jpg
7.37 pav., *c*	http://www.williams.edu/Astronomy/eclipse/eclipse2001/2001total/2001composites/wcjp01copy.jpg
7.40 pav.	(iliustracijai panaudota nuotrauka) http://hsci.cas.ou.edu/images/jpg-100dpi-10in/19thCentury/Aspin/1825/Aspin-1825-Andromeda.jpg
7.41 pav.	(iliustracijai panaudota nuotrauka) http://hsci.cas.ou.edu/images/jpg-100dpi-10in/19thCentury/Aspin/1825/Aspin-1825-Draco.jpg
7.45 pav., *a*	http://www.noao.edu/image_gallery/images/d2/ngc6946_1000.jpg
7.45 pav., *b*	http://www.noao.edu/image_gallery/images/d5/m51.jpg
7.46 pav.	http://www.akhtarnama.com/images/Andromeda%20galaxi.jpg

Vladas Valentinavičius
FIZIKA
Vadovėlis X klasei

Dailininkė *Vytautė Zovienė*
Redaktorė *Zita Šliavaitė*
Viršelis *Kristinos Jėčiūtės*

Tir. 11 000 egz. Leid. Nr. 15 877. Užsak. Nr. 16 740.
Uždaroji akcinė bendrovė leidykla „Šviesa", E. Ožeškienės g. 10, LT-44252 Kaunas.
El. p. mail@sviesa.lt
Interneto puslapis http://www.sviesa.lt
Spausdino UAB „Spaudos praktika", Chemijos g. 29, LT-51333 Kaunas.
Sutartinė kaina



Baigiate ketverius metus trunkančią pažintį su fizikos mokslo pagrindais. Manau, kad ji padėjo Jums kitaip pažvelgti į daugelį kasdien regimų fizikinių reiškinių, suprasti daugelio buitinių prietaisų veikimo principus. Gal ne vieną iš Jūsų ši pažintis paskatins tolesnį savo gyvenimo kelią susieti su fizikos ar technikos mokslais.

Jei pasuksite humanitaro(ės) keliu, su fizika praleisti metai nenueis veltui. Dėsnių formuluočių ar juos išreiškiančių formulių greičiausiai neprisiminsite, tačiau išliks intensyvių minčių pėdsakai.

Vladas Valentinavičius



ISBN 5-430-04213-7

